

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年10月9日 (09.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/083543 A1

(51) 国際特許分類⁷: G02B 6/42, H01L 33/00, 31/12, 31/02, H05K 1/02, 3/46, G02B 6/12

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-8004 岐阜県 大垣市 神田町 2丁目 1番地 Gifu (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/03932

(22) 国際出願日: 2003年3月28日 (28.03.2003)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 浅井 元雄 (ASAI, Motoo) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県 揖斐郡 揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP). 児玉 博明 (KODAMA, Hiroaki) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県 揖斐郡 揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP). 田中 豊秋 (TANAKA, Toyoaki) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県 揖斐郡 揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

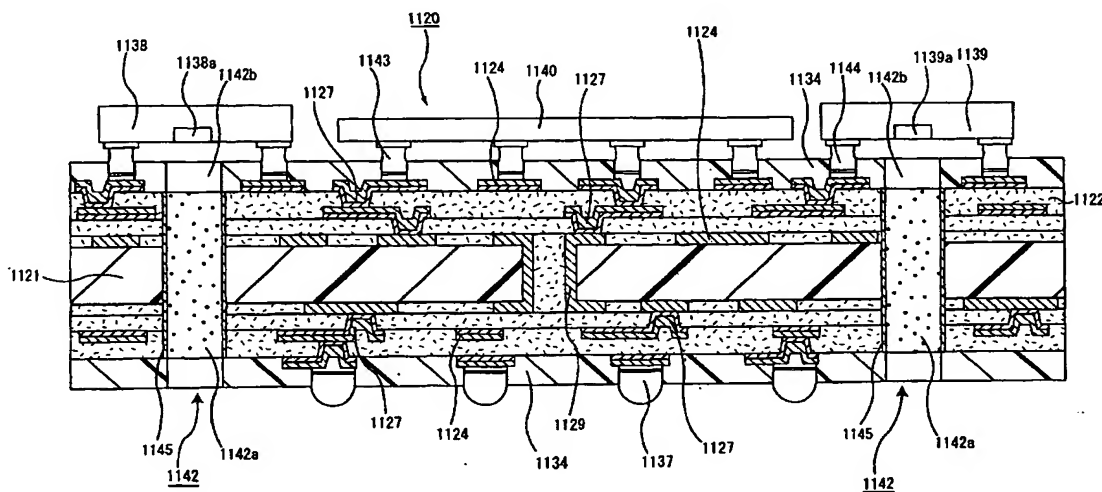
(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-099305 2002年4月1日 (01.04.2002) JP
特願2002-099306 2002年4月1日 (01.04.2002) JP
特願2002-099307 2002年4月1日 (01.04.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: IC CHIP MOUNTING SUBSTRATE, IC CHIP MOUNTING SUBSTRATE MANUFACTURING METHOD, OPTICAL COMMUNICATION DEVICE, AND OPTICAL COMMUNICATION DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: ICチップ実装用基板、ICチップ実装用基板の製造方法、光通信用デバイス、および、光通信用デバイスの製造方法



(57) Abstract: It is possible to provide an IC chip mounting substrate as an optical communication part in which an IC chip and an optical part are made into a unitary block, so that the distance between the IC chip and the optical part is short, the electric signal transmission has an excellent reliability, and an optical signal can be transmitted via an optical signal transmission path. On both sides of the IC chip mounting substrate, a conductive circuit and an inter-layer insulation layer are formed in layers and as the outermost layer, a solder resist layer is formed and an optical element is mounted. The IC chip mounting substrate is characterized in that an optical signal transmission path is arranged to penetrate the IC chip mounting substrate.

(57) 要約: 本発明は、ICチップと光学部品とが一体化された光通信用部品であって、ICチップと光学部品との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れ、光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができるICチップ実装用基板を提供することを目的とするものである。本発明のICチップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装されたIC

[続葉有]

WO 03/083543 A1



(74) 代理人: 安富 康男 (YASUTOMI, Yasuo); 〒532-0011 大阪府 大阪市 淀川区西中島 5 丁目 4 番 20 号 中央ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

I Cチップ実装用基板、I Cチップ実装用基板の製造方法、光通信用デバイス、および、光通信用デバイスの製造方法

5 技術分野

本発明は、I Cチップ実装用基板、I Cチップ実装用基板の製造方法、光通信用デバイス、および、光通信用デバイスの製造方法に関する。

背景技術

- 10 近年、通信分野を中心として光ファイバに注目が集まっている。特にI T（情報技術）分野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた通信技術が必要となる。

- 光ファイバは、①低損失、②高帯域、③細径・軽量、④無誘導、⑤省資源等の特徴を有しており、この特徴を有する光ファイバを用いた通信システムでは、従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減することができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性化を図ることができる。
- 15

- また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を1本の光ファイバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を実現することができ、映像サービス等にも対応することができる。
- 20

- そこで、このようなインターネット等のネットワーク通信においては、光ファイバを用いた光通信を、基幹網の通信のみならず、基幹網と端末機器（パソコン、モバイル、ゲーム等）との通信や、端末機器同士の通信にも用いることが提案されている。
- 25

このように基幹網と端末機器との通信等に光通信を用いる場合、端末機器において情報（信号）処理を行うI Cが、電気信号で動作するため、端末機器には、光→電気変換器や電気→光変換器等の光信号と電気信号とを変換する装置（以下、光／電気変換器ともいう）を取り付ける必要がある。

そこで、従来の端末機器では、例えば、ＩＣチップを実装したパッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学素子等を別々に実装し、これらに電気配線や光導波路を接続し、信号伝送および信号処理を行っていた。

5 発明の要約

このような従来の端末機器において、ＩＣチップを実装したパッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学素子等を別々に実装した場合には、装置自体が大きくなり、端末機器の小型化をはかることが難しかった。

また、ＩＣチップを実装したパッケージ基板の内部に受光素子等の光学素子を
10 内蔵させ、この光学素子を内蔵したパッケージ基板（以下、光学素子内蔵パッケージ基板ともいう）を用いて端末機器の光通信を行うことも提案されている。このような光学素子内蔵パッケージ基板では、装置自体が大きくなるという問題は解消されるものの、以下のような不都合があった。

すなわち、光学素子内蔵パッケージ基板では、光学素子が基板内に完全に内蔵
15 されているため、外部の光学素子（光ファイバや光導波路等）と接続する際に、位置合わせの微調整を行うことが難しく、また、パッケージ基板を製造する際に予め光学素子を内蔵しておくため、光学素子の位置ずれが発生しやすかった。これは、パッケージ基板の製造工程において、熱処理等を施す必要があり、光学素子を樹脂層に内蔵する場合には、この熱処理時に光学素子の位置ずれが発生する
20 ものと考えられる。

このように、内蔵した光学素子に位置ずれが発生した場合、外部の光学部品（例えば、光導波路）と接続した際の接続損失が大きく、光通信における接続信頼性の低下につながっていた。

また、この光学素子内蔵パッケージ基板では、内蔵した光学素子のいずれかに
25 不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えることができず、その光学素子内蔵パッケージ基板自体が不良品となるため、経済的に不利であった。

また、光学素子の実装位置は、光信号伝送用光路の確保や、光学素子と外部基板に取り付けた光学部品（光導波路等）との位置関係により制限されてしまい、そのため、ＩＣチップ実装用基板の高密度化が困難になることがあった。

そこで、本発明者らは、接続信頼性に優れる光通信を達成するとともに、端末機器の小型化に寄与することができるＩＣチップ実装用基板について鋭意検討した結果、ＩＣチップ実装用基板に該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路を設けることにより、上述した課題を解決することができることに想到し、

- 5 下記の構成からなる第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板、および、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法を完成させた。

- さらに、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との少なくとも
10 ともいずれか一方に、光信号伝送用光路を所定の態様で形成することにより、優れた光信号伝送性を確保するとともに、高密度配線を達成することができることを見出し、第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスを完成させた。

- すなわち、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層に溶剤レジスト層が形成
15 成されるとともに、光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板であって、

上記ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されていることを特徴とする。

- 第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されているか、または、樹脂組成物および空隙により構成されていることが望ましい。
20

また、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されているか、または、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されていることも望ましい。

- 25 第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板において、上記光学素子の実装位置は、ＩＣチップ実装用基板の表面であることが望ましく、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板の表面には、電子部品が実装されていることが望ましい。

第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路の端部には、マイクロレンズが配設されていることが望ましく、上記光信号伝送用光路の断面の径は、 $100 \sim 500 \mu m$ であることが望ましい。

また、第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板において、上記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間がビアホールを介して接続されていることが望ましい。

第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法は、

(a) 基板の両面に導体回路と層間絶縁層とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、

10 (b) 上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、

(c) 上記 (b) の工程で形成した貫通孔に連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程と

を含むことを特徴とする。

第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法は、上記 (b)
15) の工程で形成した貫通孔の壁面を粗化面にする粗化面形成工程を含むことが望ましい。

第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法は、上記 (b) の工程で形成した貫通孔の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を含むことが望ましい。

20 第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法は、上記 (b) の工程で形成した貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を含むことが望ましい。

第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法は、上記 (c) の工程で形成した開口の端部にマイクロレンズを配設するマイクロレンズ配設
25 工程を含むことが望ましい。

第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスは、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記 I C チップ実装用基板には、該 I C チップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることを特徴とする。

第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、

上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が
5 形成されていることを特徴とする。

第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されており、

10 上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、

上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることを特徴とする。

第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されているか、または、樹脂組成物および空隙により構成されていることが望ましい。
15

第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されているか、または、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されていることも望ましい。

20 第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路の端部には、マイクロレンズが配設されていることが望ましい。

第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路の断面の径は、 $100 \sim 500 \mu\text{m}$ であることが望ましい。

第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板には、光学素子が実装されており、上記光学素子の実装位置は、
25 ＩＣチップ実装用基板の表面であることが望ましい。

上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板は、導体回路、層間絶縁層および上記層間絶縁層を挟んだ導体回

路間を接続するパイアホールを含んで構成されていることが望ましい。

また、従来の端末機器では、ＩＣ実装パッケージ基板と光学部品との距離が離れているため、電気配線距離が長く、信号伝送時にクロストークノイズ等による信号エラー等が発生しやすかった。

- 5 また、従来の光通信用デバイスにおいて、通常、光導波路と受光素子や発光素子等の光学素子との間は空隙であり、この部分に空気中を浮遊しているゴミや異物が入り込むと、この異物等により光信号の伝送が阻害され、光学部品間の接続損失が増加することがあった。

- 10 そこで、本発明者らは鋭意検討した結果、ＩＣチップ実装用基板に各種光学部品を実装することにより、接続信頼性に優れる光通信を達成することができるとともに、端末機器の小型化に寄与することができ、また、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置し、両者の間に封止樹脂層を形成することにより、各光学部品間に空気中を浮遊している異物等が入り込むことがなく、加えて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和す
15 ることができるため、信頼性に優れる光通信用デバイスとなることを見出し、下記の構成からなる第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスと、第二の発明の光通信用デバイスの製造方法とを完成させた。

- すなわち、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、少なくとも光学素子の実装されたＩＣチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された
20 多層プリント配線板とからなり、

上記光導波路と、上記光学素子とが光信号を伝達することができるように構成されている光通信用デバイスであって、

上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることを特徴とする。

- 25 第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が７０％／ｍｍ以上であることが望ましい。

また、上記封止樹脂層には、粒子が含まれていることが望ましい。

また、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

また、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法は、少なくとも光学素子を実装されたＩＣチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記ＩＣチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

また、本発明者らは鋭意検討した結果、各種光学部品を実装したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置することにより、接続信頼性に優れる光通信を達成することができるとともに、端末機器の小型化に寄与することができることを見出し、下記の構成からなる第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスと、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを完成させ、さらに、これらの製造方法を完成させた。

さらに、上記光通信用デバイスにおいて、対向配置したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成した場合には、各光学部品間に空气中を浮遊している異物等が入り込むことがなく、加えて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和することができるため、より信頼性に優れる光通信用デバイスとなることを見出した。

すなわち、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、少なくとも、光学素子を実装されるとともに光路用樹脂充填層が形成された光学素子実装用領域を有するＩＣチップ実装用基板と、

少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記光導波路と上記光学素子とが、上記光路用樹脂充填層を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする。

第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスでは、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることが望ましく、この場合、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が７０％／ｍｍ以上で

あることが望ましい。

また、上記封止樹脂層には、粒子が含まれていることが望ましい。

また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいては、上記光路用樹脂充填層の多層プリント配線板と対向する面に、少なくとも1つのマイクロ
5 レンズが配設されていることが望ましく、また、上記光路用樹脂充填層の多層プリント配線板と対向する面に少なくとも1つのマイクロレンズが配設されており、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、上記マイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

- 10 また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法は、少なくとも、光学素子を実装されるとともに光路用樹脂充填層が形成された光学素子実装用領域を有するICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、
15

上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成すること
20 とを特徴とする。

また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子を実装されたICチップ実装用基板と、
少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

- 25 上記光導波路と、上記光学素子とが上記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする。

第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいては、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることが望ましく、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%/mm以上である

ことが望ましい。

さらに、上記封止樹脂層には、粒子が含まれていることが望ましい。

また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいては、上記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設

- 5 されていることが望ましく、上記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設されており、上記 IC チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、上記マイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

- 10 第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

また、上記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。

- 15 第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法は、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された IC チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記 IC チップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

- 20 さらに、上記 IC チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

- 25 また、本発明者らは、接続信頼性に優れる光通信を達成するとともに、端末機器の小型化に寄与することができる IC チップ実装用基板について鋭意検討した結果、下記の構成からなる第五群の本発明の IC チップ実装用基板をも完成させた。

すなわち、第五群の本発明の第一の発明の IC チップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装された IC チップ実装用基板であって、

上記 IC チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、上記光学

素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とする。

第五群の本発明の第一の発明の I Cチップ実装用基板において、上記光導波路は、有機系光導波路であることが望ましい。

- 5 第五群の本発明の第一の発明の I Cチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されているか、樹脂組成物および空隙により構成されているか、または、樹脂組成物により構成されていることが望ましい。

- 第五群の本発明の第一の発明の I Cチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されているか、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されているか、または、樹脂組成物とその周囲の導体層とにより構成されていることも望ましい。
- 10

第五群の本発明の第一の発明の I Cチップ実装用基板において、上記光学素子の実装位置は、I Cチップ実装用基板の表面であることが望ましく、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

- 15 また、上記 I Cチップ実装用基板の表面には、電子部品が実装されていることが望ましい。

- 第五群の本発明の第一の発明の上記 I Cチップ実装用基板において、上記光信号伝送用光路の端部、または、上記光信号伝送用光路中には、マイクロレンズが形成されていることが望ましく、上記光信号伝送用光路の直径は、100～500 μm であることが望ましい。
- 20

第五群の本発明の第一の発明の上記 I Cチップ実装用基板において、上記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されていることが望ましい。

- 第五群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法は、基板と、光導波路と、少なくとも下記 (a) ～ (c) の工程を経て製造する積層体とをこの順序で積層することを特徴とする。
- 25

(a) 基材層上に導体回路と層間絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

(b) 上記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形

成工程、および、

(c) 上記(b)の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記導体回路積層体の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程。

第五群の本発明の第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、

5 (a) 導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程と、

1 (b) 上記光導波路が形成された基板上に層間絶縁層と導体回路とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、

(c) 上記多層配線板に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程と、

10 (d) 上記(c)の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記多層配線板の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程とを含むことを特徴とする。

第五群の本発明の第二または第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口の壁面を粗化面にする粗化面形成工程を含むこ
15 とが望ましい。

また、上記第二または第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を含むことが望ましい。

第五群の本発明の第二または第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、
20 上記光信号伝送用光路となる開口内に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を含むことが望ましい。

第五群の本発明の第二または第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口の端部にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含むことが望ましい。

25 第五群の本発明の第二または第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、上記光信号伝送用光路となる開口中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含むことが望ましい。

図面の簡単な説明

図 1 は、第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 2 は、第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の別の実施形態を模式的に示す断面図である。

- 5 図 3 は、第一群の本発明の第三の本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 4 は、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

- 10 図 5 は、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 6 は、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

図 7 は、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

- 15 図 8 は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板を製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 9 は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板を製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

- 20 図 10 は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板を製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 11 は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板を製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 12 は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板を製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

- 25 図 13 は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板を製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 14 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 15 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の実施形態

を模式的に示す断面図である。

図 1 6 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 1 7 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 1 8 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 1 9 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

10 図 2 0 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 2 1 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

15 図 2 2 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 2 3 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 2 4 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

20 図 2 5 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 2 6 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

25 図 2 7 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 2 8 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 2 9 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 3 0 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 3 1 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

5 図 3 2 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 3 3 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

10 図 3 4 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 3 5 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 3 6 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

15 図 3 7 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 3 8 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

20 図 3 9 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 4 0 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 4 1 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

25 図 4 2 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 4 3 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 4 4 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する I C チ

チップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図45は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図46は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図47は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図48は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

10 図49は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図50は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

15 図51は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスのさらに別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図52は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図53は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

20 図54は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図55は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

25 図56は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図57は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図58は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 5 9 は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 6 0 は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

- 5 図 6 1 は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

図 6 2 は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

- 10 図 6 3 は、第五群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 6 4 は、第五群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 6 5 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

- 15 図 6 6 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 6 7 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

- 20 図 6 8 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 6 9 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 7 0 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

- 25 図 7 1 は、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 7 2 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 7 3 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の

一部を模式的に示す断面図である。

図 7 4 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

5 図 7 5 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 7 6 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

図 7 7 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

10 図 7 8 は、第五群の本発明の第三の発明の I C チップ実装用基板の別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 7 9 は、比較例で作製した光通信用デバイスを模式的に示す断面図である。

符号の説明

- 15 1 0 2 0 I C チップ実装用基板
1 0 2 1 基板
1 0 2 2 層間絶縁層
1 0 2 4 導体回路
1 0 2 7 バイアホール
20 1 0 2 9 スルーホール
1 0 3 4 ソルダーレジスト層
1 0 3 8 受光素子
1 0 3 9 発光素子
1 1 2 0、1 1 2 0' I C チップ実装用基板
25 1 1 2 1 基板
1 1 2 2 層間絶縁層
1 1 2 4 導体回路
1 1 2 7 バイアホール
1 1 2 9 スルーホール

	1 1 3 4	ソルダーレジスト層
	1 1 3 8	受光素子
	1 1 3 9	発光素子
	1 1 4 0	I Cチップ
5	1 1 4 2	光信号伝送用光路
	1 1 4 5	導体層
	2 1 0 0	多層プリント配線板
	2 1 0 1	基板
	2 1 0 2	層間絶縁層
10	2 1 0 4	導体回路
	2 1 0 7	バイアホール
	2 1 0 9	スルーホール
	2 1 1 1	光路用開口
	2 1 1 4	ソルダーレジスト層
15	2 1 1 8	光導波路
	2 1 1 9	光路変換ミラー
	2 1 2 0	I Cチップ実装用基板
	2 1 2 1	基板
	2 1 2 2	層間絶縁層
20	2 1 2 4	導体回路
	2 1 2 7	バイアホール
	2 1 2 9	スルーホール
	2 1 3 1	光学素子実装用開口
	2 1 3 4	ソルダーレジスト層
25	2 1 3 7	半田接続部
	2 1 3 8	受光素子
	2 1 3 9	発光素子
	2 1 4 0	I Cチップ
	2 1 4 2	導電層

	2 1 5 0	光通信用デバイス
	2 1 6 0	封止樹脂層
	3 0 1 0 0、3 0 2 0 0、3 0 3 0 0	多層プリント配線板
	3 0 1 0 1、3 0 2 0 1、3 0 3 0 1	基板
5	3 0 1 0 2、3 0 2 0 2、3 0 3 0 2	層間絶縁層
	3 0 1 0 4、3 0 2 0 4、3 0 3 0 4	導体回路
	3 0 1 0 7、3 0 2 0 7、3 0 3 0 7	バイアホール
	3 0 1 0 9、3 0 2 0 9、3 0 3 0 9	スルーホール
	3 0 1 1 1、3 0 2 1 1、3 0 3 1 1	光路用開口
10	3 0 1 1 4、3 0 2 1 4、3 0 3 1 4	ソルダーレジスト層
	3 0 1 1 8、3 0 2 1 8、3 0 3 1 8	光導波路
	3 0 1 1 9、3 0 2 1 9、3 0 3 1 9	光路変換ミラー
	3 0 1 2 0、3 0 2 2 0、3 0 3 2 0	ICチップ実装用基板
	3 1 1 2 0、3 2 1 2 0、3 3 1 2 0	パッケージ基板
15	3 1 1 0 0、3 2 1 0 0、3 3 1 0 0	光学素子挿入用基板
	3 1 1 2 1、3 2 1 2 1、3 3 1 2 1	基板
	3 1 1 2 2、3 2 1 2 2、3 3 1 2 2	層間絶縁層
	3 1 1 2 4、3 2 1 2 4、3 3 1 2 4	導体回路
	3 1 1 2 7、3 2 1 2 7、3 3 1 2 7	バイアホール
20	3 1 1 2 9、3 2 1 2 9、3 3 1 2 9	スルーホール
	3 1 1 3 4、3 2 1 3 4、3 3 1 3 4	ソルダーレジスト層
	3 1 1 3 8、3 2 1 3 8、3 3 1 3 8	受光素子
	3 1 1 3 9、3 2 1 3 9、3 3 1 3 9	発光素子
	3 0 1 4 0、3 0 2 4 0	ICチップ
25	3 1 1 4 1、3 2 1 4 1	光路用樹脂充填層
	3 0 1 5 0、3 0 2 5 0、3 0 3 5 0	光通信用デバイス
	3 0 1 6 0、3 0 2 6 0、3 0 3 6 0	封止樹脂層
	4 1 0 0、4 2 0 0、4 3 0 0	多層プリント配線板
	4 1 0 1、4 2 0 1、4 3 0 1	基板

20

- 4 1 0 2、4 2 0 2、4 3 0 2 層間絶縁層
4 1 0 4、4 2 0 4、4 3 0 4 導体回路
4 1 0 7、4 2 0 7、4 3 0 7 バイアホール
4 1 0 9、4 2 0 9、4 3 0 9 スルーホール
5 4 1 1 1、4 2 1 1 光路用開口
4 1 1 4、4 2 1 4、4 3 1 4 ソルダレジスト層
4 1 1 8、4 2 1 8、4 3 1 8 光導波路
4 1 1 9、4 2 1 9、4 3 1 9 光路変換ミラー
4 1 2 0、4 2 2 0、4 3 2 0 I Cチップ実装用基板
10 4 1 2 1、4 2 2 1、4 3 2 1 基板
4 1 2 2、4 2 2 2、4 3 2 2 層間絶縁層
4 1 2 4、4 2 2 4、4 3 2 4 導体回路
4 1 2 7、4 2 2 7、4 3 2 7 バイアホール
4 1 2 9、4 2 2 9、4 3 2 9 スルーホール
15 4 1 3 4、4 2 3 4、4 3 3 4 ソルダレジスト層
4 1 3 7、4 2 3 7、4 3 3 7 半田接続部
4 1 3 8、4 2 3 8、4 3 3 8 受光素子
4 1 3 9、4 2 3 9、4 3 3 9 発光素子
4 1 4 0 I Cチップ
20 4 1 4 1、4 2 4 1、4 3 4 1、4 3 5 1 光信号伝送用光路
4 1 4 2、4 2 4 2、4 3 4 2、4 3 5 2 光路用樹脂層
4 1 4 5、4 2 4 5、4 3 4 5、4 3 5 5 導体層
4 1 5 0、4 2 5 0、4 3 5 0 光通信用デバイス
4 1 6 0、4 2 6 0、4 3 6 0 封止樹脂層
25 5 0 2 0、5 1 2 0、5 2 2 0、5 3 2 0 I Cチップ実装用基板
5 0 2 1、5 1 2 1、5 2 2 1、5 3 2 1 基板
5 0 2 2、5 1 2 2、5 2 2 2、5 3 2 2 層間絶縁層
5 0 2 4、5 1 2 4、5 2 2 4、5 3 2 4 導体回路
5 0 2 7、5 1 2 7、5 2 2 7、5 3 2 7 バイアホール

21

5 0 2 9、5 1 2 9、5 2 2 9、5 3 2 9 スルーホール

5 0 3 1 基材層

5 0 3 4、5 1 3 4、5 2 3 4、5 3 3 4 ソルダーレジスト層

5 0 3 8、5 1 3 8、5 2 3 8、5 3 3 8 受光素子

5 5 0 3 9、5 1 3 9、5 2 3 9、5 3 3 9 発光素子

5 2 4 0、5 3 4 0 ICチップ

5 2 4 2、5 3 4 2 光信号伝送用光路

5 0 4 5、5 2 4 5、5 3 4 5 導体層

5 0 5 0、5 1 5 0、5 2 5 0、5 3 5 0 光導波路

10

発明の詳細な開示

まず、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板について説明する。

第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装されたICチップ実装用基板であって、

15

上記ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されていることを特徴とする。

第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板は、光学素子が実装されるとともに、該ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されているため、上記光信号伝送用光路を介して、上記光学素子の入出力信号を伝送することができる。

20

また、該ICチップ実装用基板にICチップを実装した場合、ICチップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れる。具体的には、光学素子が受光素子である場合には、大容量の光信号の処理を正確に、かつ、速く行うことができ、光学素子が発光素子である場合には、外部への光信号の発信を迅速に行うことができる。

25

また、ICチップを実装した第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

また、光学素子が表面実装されている場合は、上記ＩＣチップ実装用基板の導体回路や層間絶縁層を形成した後、光学素子を実装するため、該導体回路や層間絶縁層等を形成する際の熱処理時には、光学素子は未実装であり、熱処理時に起こりうる位置ずれは発生することがない。

- 5 さらに、光学素子が表面実装されている場合には、一の光学素子に不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えればよく、経済的に有利である。

また、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、光学素子を実装する際に、該光学素子の位置合わせを光信号伝送用光路を基準として光学的処理や機械的処理により行うことができるため、正確に、かつ、所望の位置に光学素子を実装することができる。

10

また、上述したような光信号伝送用光路が形成されている第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、光学素子を実装する場合、該光学素子の実装位置の自由度が高まることとなり、ＩＣチップ実装用基板の配線の高密度化をはかることができる。これは、光学素子の実装位置の自由度が高まることにより、ＩＣチップ実装用基板の設計においてフリースペースが広がるからである。

15

なお、上記フリースペースとは、導体回路を形成したり、コンデンサ等の電子部品を実装したりする領域をいう。

第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されている。

- 20 このような光信号伝送用光路が配設されたＩＣチップ実装用基板では、上記ＩＣチップ実装用基板の両面に実装した光学素子同士の情報の授受を、この光信号伝送用光路を介して光信号により行うことができる。

また、上記ＩＣチップ実装用基板では、その一の面側に光学素子を表面実装し、他の面側を別の光学素子を実装した外部基板と半田等を介して接続することにより、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板に実装した光学素子と上記外部基板に実装した光学素子との間の情報の授受を、光信号伝送用光路を介して光信号により行うことができる。

25

上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されていることが望ましい。光信号伝送用光路が空隙により形成されている場合には、その形成が容易であるとともに

に、該光信号伝送用光路を介した光信号の伝送において、伝送損失が発生しにくい。なお、上記光信号伝送用光路の構成を空隙とするか否かは、ICチップ実装用基板の厚さ等を考慮して適宜決定すればよい。

- 5 また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙により構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合には、ICチップ実装用基板の強度の低下を防ぐことができる。

- 10 なお、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合には、基板および層間絶縁層を貫通する部分に形成された光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成され、ソルダーレジスト層に形成された光信号伝送用光路が空隙により構成されていることが望ましい。通常、基板や層間絶縁層は樹脂との密着性が高く、ソルダーレジスト層は樹脂との密着性が低いからである。

また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物により構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されている場合には、ICチップ実装用基板の強度の低下を防止することができる。

- 15 また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されていると、該光信号伝送用光路内にゴミや異物等が入り込むことを防止することができるため、ゴミや異物等の存在に起因して光信号の伝送が阻害されることを防止することができる。

- 20 また、上述したような構成の光信号伝送用光路、すなわち、空隙および／または樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路では、熱処理工程や信頼性試験下において、熱等による悪影響（光信号伝送用光路の断面の径が小さくなる等）が発生しにくい。

- 25 上記光信号伝送用光路の一部または全部が樹脂組成物で構成されている場合、その樹脂成分としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂等が挙げられる。

具体的には、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー

等が挙げられる。

また、上記樹脂組成物には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間絶縁層、ソルダーレジスト層等との間で熱膨張係数の
5 整合を図ることができ、また、粒子の種類によっては難燃性を付与することもできる。

また、上記樹脂組成物に粒子を含ませる場合、上記樹脂組成物の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、上記樹脂組成物に粒子を含ませる場合には、屈折率の異なる2種類の粒子を混ぜ合わせ
10 て、上記粒子の屈折率が上記樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。

具体的には、例えば、樹脂成分が屈折率1.53のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が1.54のシリカ粒子と屈折率が1.52のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

15 なお、粒子を混ぜ合わせる方法としては、混練する方法、2種類以上の粒子を溶かして混ぜ合わせた後、粒子状にする方法等が挙げられる。

上記樹脂粒子としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等が挙げられる。

20 具体的には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、
25 ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等が挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体を用いる

こともできる。

また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

- 5 また、上記無機粒子としては、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。また、シリカとチタニアとを一定の割合で混ぜ、熔融させて均一化したものを用いてもよい。

- 10 また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

上記金属粒子としては、Au、Ag、Cu、Pd、Ni、Pt、Fe、Zn、Pb、Al、Mg、Ca、Ti等が挙げられる。

これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子の粒子は、それぞれ単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

- 15 上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

また、上記樹脂粒子等の粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。

- 20 上記粒子の粒径は、波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

- 25 上記粒径は、その下限が $0.01\mu\text{m}$ で、上限が $0.8\mu\text{m}$ であることがより望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を調製することが困難になることがあるからである。なお、光信号伝送用光路を形成する際に調製する樹脂組成物の粘度は、 $100000\sim300000\text{cps}$ ($\text{mP}\cdot\text{s}$) が望ましい。

上記粒径は、その下限が $0.1\mu\text{m}$ で、その上限が $0.8\mu\text{m}$ であることがさ

らに望ましい。粒径がこの範囲にあると、スピンコート、ロールコートを用いて樹脂組成物を塗布、充填した際に、貫通孔内に樹脂組成物が確実に充填されることとなる。また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

- 5 上記粒径は、その下限が $0.2\mu\text{m}$ で、その上限が $0.6\mu\text{m}$ であることが特に望ましい。この範囲であれば、特に貫通孔内に充填しやすく、また、形成した光信号伝送用光路ごとのバラツキが最も小さくなり、ICチップ実装用基板の特性に特に優れることとなるからである。

- 10 また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでいてもよい。

なお、本明細書において、粒子の粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

上記粒子の配合量の下限は10重量%が望ましく、20重量%がより望ましい。一方、上記配合量の上限は、50重量%が望ましく、40重量%がより望ましい。

- 15 粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が50重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。また、上記配合量が20～40重量%の範囲にあると、粒子が凝集したり、分散したりしても光信号の伝送性には影響がない。

- 20 また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。これが、光信号の伝送に最も影響を与えない形状であり、その形成自体も容易だからである。

- 25 また、上記光信号伝送用光路の断面の径は、望ましい下限が $100\mu\text{m}$ であり、望ましい上限が $500\mu\text{m}$ である。上記断面の径が $100\mu\text{m}$ 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の少なくとも一部が樹脂組成物から構成されている場合、未硬化の樹脂組成物を充填することが困難である。一方、上記断面の径を $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、ICチップ実装用基板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。

より望ましい断面の径は、下限が $250\mu\text{m}$ であり、上限が $350\mu\text{m}$ である。

光信号の伝送性と設計の自由度とがともに優れ、また、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないからである。

なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

上記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とから構成されていることが望ましい。

また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物とその周囲の導体層とから構成されていることも望ましい。

- 10 また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とから構成されていることも望ましい。

なお、上記導体層が形成される場合、該導体層は、樹脂組成物および／または空隙の周囲全体に形成されていてもよいし、周囲の一部にのみ形成されていてもよい。

- 15 このように、光信号伝送用光路に導体層を形成することにより、光信号伝送用光路の壁面での光の乱反射を低減し、光信号の伝送性を向上させることができる。上記導体層は、1層から形成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。

- 20 上記導体層の材料としては、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げられる。

また、上記導体層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、即ち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

- 25 上記導体層の材料としては、ニッケル、貴金属等の光沢を有する金属が望ましい。光沢を有する金属からなる導体層を形成した場合、光信号の損失がより少なく、また、光信号の伝送が阻害されることもより少ないため、光信号は光信号伝送用光路を介してより確実に伝送されることとなるからである。

また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。光信号伝送用光路を介して伝送される光信号の種類（波長

等)によっては、光信号伝送用光路の壁面における光の乱反射を抑えることが望ましい場合があり、上記被覆層や上記粗化層を設けて、該壁面における光の乱反射を低減することにより、光信号の伝送性を向上させることができる場合がある。

- また、光信号伝送用光路の壁面に上記粗化層等を形成することにより、光信号
- 5 伝送用光路と基板や層間絶縁層との密着性をより向上させることができる。

- また、上記樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路（空隙および樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路のうちの樹脂組成物からなる部分を含む）や上記導体層は、基板や層間絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記光信号伝送用光路等が、粗化面を介して接している場合には、基板や層間絶縁層
- 10 との密着性に優れ、光信号伝送用光路等の剥離がより発生しにくいからである。

上記ICチップ実装用基板においては、上記光信号伝送用光路として、受光用光信号伝送用光路と発光用光信号伝送用光路と両方が形成されていてもよいし、どちらか一方のみが形成されていてもよい。従って、上記ICチップ実装用基板においては、複数の光信号伝送用光路が形成されていてもよい。

- 15 上記受光用光信号伝送用光路とは、光ファイバや光導波路等を介して伝送されてきた外部からの光信号を受光素子へと伝えるためのものであり、上記発光用光信号伝送用光路とは、発光素子から発信された光信号を外部の光ファイバや光導波路等に伝送するためのものある。

- また、上記ICチップ実装用基板においては、通信波長ごとに光信号伝送用光
- 20 路が形成されていてもよい。

また、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板には、受光素子や発光素子等の光学素子が実装されている。

上記受光素子としては、PD（フォトダイオード）、APD（アバランシェフォトダイオード）等が挙げられる。

- 25 これらは、上記ICチップ実装用基板の構成や、要求特性等を考慮して適宜使い分けられよい。

上記受光素子の材料としては、Si、Ge、InGaAs等が挙げられる。

これらのなかでは、受光感度に優れる点からInGaAsが望ましい。

上記発光素子としては、LD（半導体レーザ）、DFB-LD（分布帰還型一

半導体レーザ)、LED(発光ダイオード)等が挙げられる。

これらは、上記ICチップ実装用基板の構成や要求特性等を考慮して適宜使い分けられよう。

上記発光素子の材料としては、ガリウム、砒素およびリンの化合物(GaAsP)、ガリウム、アルミニウムおよび砒素の化合物(GaAlAs)、ガリウムおよび砒素の化合物(GaAs)、インジウム、ガリウムおよび砒素の化合物(InGaAs)、インジウム、ガリウム、砒素およびリンの化合物(InGaAsP)等が挙げられる。

これらは、通信波長を考慮して使い分けられよく、通信波長が0.85 μ m帯の場合にはGaAlAsを使用することができ、通信波長が1.3 μ m帯や1.55 μ m帯の場合には、InGaAsやInGaAsPを使用することができる。

また、上記光学素子の実装位置は、ICチップ実装用基板の表面であることが望ましい。上述したように、光学素子がICチップ実装用基板の表面に実装されている場合、一の光学素子に不都合が発生した際に、その光学素子のみを取り替えられようからである。上記光学素子は、フリップチップ型のものが望ましい。その取り替えが容易であり、また、実装時にセルフアライメント作用により所望の位置に実装しやすいためである。

また、光学素子の実装位置がICチップ実装用基板の表面であれば、上述したように、光信号伝送用光路を原点に光学素子の位置合わせを行うことができる。

さらに、光学素子の実装位置がICチップ実装用基板の表面である場合には、従来の光学素子内蔵パッケージ基板で発生していた、光学素子の位置ずれが発生するという問題を回避することができる。

従来のICチップ実装用基板では、予め、受光素子や発光素子等の光学素子を実装するエリアを基板に形成しておき、この基板に光学素子を取り付けた後、埋め込み樹脂を充填、硬化すること等により光学素子を実装していた。このような方法で光学素子を実装した場合、該光学素子は、層間絶縁層やソルダーレジスト層の硬化処理、半田ペーストのリフロー処理等の際に受ける熱、基板の反りやめつき処理時の揺動に起因する応力等の影響により位置ずれが発生しやすかった。

さらに、光学素子の実装を接着剤や半田を用いて行った場合には、後工程の熱

履歴により、この接着剤や半田が軟化し、これに伴って、光学素子の位置ずれが発生することがあった。

- しかしながら、光学素子を I C チップ実装用基板の表面に実装した場合には、このような応力や位置ずれが発生する問題を回避することができる。従来のものと比べて、I C チップ実装用基板の強度が保たれているからである。

なお、光学素子を I C チップ実装用基板の表面に実装する場合、光学素子を実装する面は、I C チップを実装する面と同一の面であってもよいし、これとは反対側の面であってもよい。また、I C チップ実装用基板に複数の光学素子を実装する場合には、全てが同一の面に実装されていなくてもよい。

- また、上記 I C チップ実装用基板の表面には、コンデンサ等の電子部品も実装されていてもよい。上記光学素子の場合と同様、不都合の発生した部品のみを取り替えることができるからである。

- また、上記 I C チップ実装用基板では、基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、前記層間絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されていることが望ましい。

I C チップ実装用基板の高密度化をはかることができるからである。

さらに、導体回路やバイアホールの形成位置を適宜選択することにより、I C チップや光学素子等の熱膨張係数の差に起因して発生した応力を緩和することができるからである。

- 次に、第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図 1 は、第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 1 では、I C チップが実装された状態の I C チップ実装用基板を示す。

- 図 1 に示すように、I C チップ用実装基板 1 1 2 0 は、基板 1 1 2 1 の両面に導体回路 1 1 2 4 と層間絶縁層 1 1 2 2 とが積層形成され、基板 1 1 2 1 を挟んだ導体回路間、および、層間絶縁層 1 1 2 2 を挟んだ導体回路間は、それぞれ、スルーホール 1 1 2 9 およびバイアホール 1 1 2 7 により電氣的に接続されている。また、最外層にはソルダーレジスト層 1 1 3 4 が形成されている。

また、この IC チップ用実装基板 1 1 2 0 では、導体回路 1 1 2 4 や層間絶縁層 1 1 2 2、ソルダーレジスト層 1 1 3 4 が形成された基板 1 1 2 1 を貫通する光信号伝送用光路 1 1 4 2 が形成されており、光信号伝送用光路 1 1 4 2 は、樹脂組成物 1 1 4 2 a および空隙 1 1 4 2 b とその周囲に形成された導体層 1 1 4 5 とから構成されている。 IC チップ実装用基板 1 1 2 0 に実装された光学素子（受光素子 1 1 3 8 および発光素子 1 1 3 9）の入出力信号は、光信号伝送用光路を介して伝送されることとなる。

なお、光信号伝送用光路は空隙または樹脂組成物により形成されていてもよいし、その周囲に導体層が形成されていなくてもよい。

10 IC チップ用実装基板 1 1 2 0 の一面には、受光部 1 1 3 8 a および発光部 1 1 3 9 a のそれぞれが光信号伝送用光路 1 1 4 2 に対向するように、受光素子 1 1 3 8 および発光素子 1 1 3 9 が半田接続部 1 1 4 4 を介して表面実装されるとともに、 IC チップ 1 1 4 0 が半田接続部 1 1 4 3 を介して表面実装されている。また、 IC チップ実装用基板 1 1 2 0 の他の面のソルダーレジスト層 1 1 3 4 には、半田パンプ 1 1 3 7 が形成されている。

このような構成からなる IC チップ実装用基板 1 1 2 0 において、光ファイバや光導波路等（図示せず）を介して外部から送られてきた光信号は、光信号伝送用光路 1 1 4 2 を介して受光素子 1 1 3 8（受光部 1 1 3 8 a）で受信した後、受光素子 1 1 3 8 で電気信号に変換され、さらに、半田接続部 1 1 4 3、1 1 4 4、導体回路 1 1 2 4、バイアホール 1 1 2 7、スルーホール 1 1 2 9 等を介して IC チップ 1 1 4 0 に送られることとなる。

また、 IC チップ 1 1 4 0 から送り出された電気信号は、半田接続部 1 1 4 3、1 1 4 4、導体回路 1 1 2 4、バイアホール 1 1 2 7、スルーホール 1 1 2 9 等を介して発光素子 1 1 3 9 に送られた後、発光素子 1 1 3 9 で光信号に変換され、
25 発光素子 1 1 3 9（発光部 1 1 3 9 a）から発信した光信号は、光信号伝送用光路 1 1 4 2 を介して外部の光学素子（光ファイバや光導波路等）に送り出されることとなる。

第一群の本発明の第一の発明の IC チップ実装用基板では、 IC チップに近い位置に実装された受光素子および発光素子において、光／電気信号変換を行うた

め、電気信号の伝送距離が短く、信号伝送の信頼性に優れ、より高速通信に対応することができる。

また、ＩＣチップ実装用基板１１２０では、ソルダーレジスト層１１３４に半田バンプ１１３７が形成されているため、ＩＣチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光信号伝送用光路１１４２等を介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介しても外部基板に送られることとなる。

このように半田バンプが形成されている場合には、上記ＩＣチップ実装用基板を外部基板と半田バンプを介して接続することができ、この場合には、半田が有するセルフアライメント作用により上記ＩＣチップ実装用基板を所定の位置に配置することができる。

なお、セルフアライメント作用とは、リフロー処理時に半田が自己の有する流動性により半田バンプ形成用開口の中央付近により安定な形状で存在しようとする作用をいい、この作用は、半田がソルダーレジスト層にはじかれるとともに、半田が金属に付く場合には、球形になろうとする表面張力が強く働くために起こるものと考えられる。このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記ＩＣチップ実装用基板を外部基板に接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ＩＣチップ実装用基板が移動し、該ＩＣチップ実装用基板を外部基板上の正確な位置に取り付けることができる。

従って、上記ＩＣチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子と、外部の光学素子とを光信号伝送用光路を介して、光信号の伝送を行う場合に、上記ＩＣチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子の実装位置が正確であれば、上記ＩＣチップ実装用基板と上記外部基板との間で正確な光信号の伝送を行うことができる。

また、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズが配設されていることが望ましい。光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。

上記マイクロレンズとしては特に限定されず、通常光学レンズに使用されてい

るもの等が挙げられ、その材質の具体例としては、光学ガラス、光学レンズ用樹脂等が挙げられる。

上記光学レンズ用樹脂としては、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

上記マイクロレンズの形状は特に限定されず、ICチップ実装用基板の設計を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、直径が100～500 μ mで、厚さが200 μ m以下である。なお、上記マイクロレンズは、通常このように小さいため、該マイクロレンズに熱が加わってもクラックが発生することはない。

また、上記マイクロレンズには、粒子が添加されていてもよく、その添加量は、60重量%以下であることが望ましい。

また、上記マイクロレンズに粒子を添加する場合、上記光学レンズ用樹脂の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、上記光学レンズ用樹脂に、粒子を添加する場合には、屈折率の異なる2種類の粒子を混ぜ合わせて、上記粒子の屈折率が上記光学レンズ用樹脂の屈折率と同程度となるようにすることが望ましい。

具体的には、例えば、光学レンズ用樹脂が屈折率1.53のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が1.54のシリカ粒子と屈折率が1.52のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

上記粒子の具体例としては、上記光信号伝送用光路に配合される粒子と同様のもの等が挙げられる。

以下、光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズが配設されたICチップ実装用基板について図面を参照しながら説明する。

図2は、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板の別の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図2では、ICチップが実装された状態のICチップ実装用基板を示す。

図2に示すICチップ実装用基板1120'では、樹脂組成物1142aおよ

び空隙 1 1 4 2 b と導体層 1 1 4 5 とから構成される光信号伝送用光路 1 1 4 2 の端部に、マイクロレンズ 1 1 4 6 a、1 1 4 6 b が接着材層 1 1 4 7 a、1 1 4 7 b を介して配設されている。

5 このように、マイクロレンズを配設することにより、光信号の伝送損失を抑えることができる。

 なお、I C チップ実装用基板 1 1 2 0' の実施形態は、マイクロレンズ 1 1 4 6 a、1 1 4 6 b を配設した以外は、図 1 に示した I C チップ実装用基板 1 1 2 0 の実施形態と同一である。

10 また、I C チップ実装用基板 1 1 2 0' では、発光素子 1 1 3 9 に対向するマイクロレンズ 1 1 4 6 b は、光信号伝送用光路 1 1 4 2 の発光素子 1 1 3 9 側に配設されているが、マイクロレンズの配設位置は、光信号伝送用光路 1 1 4 2 の発光素子 1 1 3 9 側と反対側であってもよい。

15 なお、受光素子 1 1 3 8 に対向するマイクロレンズ 1 1 4 6 a は、図 2 のように、光信号伝送用光路 1 1 4 2 の受光素子 1 1 3 8 側と反対側に配設されていることが望ましい。

 なお、マイクロレンズの配設位置は、光信号伝送用光路の端部に限定されるわけではなく、樹脂組成物および空隙、または、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とから構成される光信号伝送用光路にマイクロレンズが配設される場合には、その配設位置は、樹脂組成物の端部であってもよい。この場合、マイクロレンズの配設位置は、光信号伝送用光路の内部となることもある。また、上記マイクロレンズは、光信号伝送用光路の両端に形成されていてもよいし、片端に形成されていてもよい。

25 このような構成からなる第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法等を用いて製造することができる。

 次に、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法について説明する。

 第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法は、

 (a) 基板の両面に導体回路と層間絶縁層とを順次積層形成し、多層配線板と

する多層配線板製造工程と、

(b) 上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、

(c) 上記 (b) の工程で形成した貫通孔に連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程と

5 を含むことを特徴とする。

第一群の本発明の第二の発明の製造方法で製造された I C チップ実装用基板では、上記 (b) 工程で形成した貫通孔と、上記 (c) の工程で形成した貫通孔に連通した開口とが光信号伝送用光路としての役割を果たすこととなるため、本製造方法では、第一群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板、即ち、I C
10 チップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路を介して光学素子の入出力信号の伝送を行う I C チップ実装用基板を好適に製造することができる。

まず、上記 (a) の工程、即ち、多層配線板を製造する多層配線板製造工程について工程順に説明する。具体的には、下記 (1) ～ (9) の工程を経ることにより多層配線板を製造することができる。

15 (1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

上記絶縁性基板としては、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミドトリアジン (B T) 樹脂基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、R C C 基板等が挙げられる。

20 また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基板を用いてもよい。

上記導体回路は、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板や R C C 基板にエッチング処理を施すことにより形成してもよい。

25 また、エッチング処理を施すことにより導体回路を形成する方法に代えて、ベタの導体層上にめっきレジストを形成した後、めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成し、その後、めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層とを除去することにより導体回路を形成する方法を用いて導体回路を形成してもよい。

また、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場

合には、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いてスルーホール用貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記スルーホール用貫通孔の直径は、通常、 $100 \sim 300 \mu\text{m}$ である。

また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

上記粗化形成処理としては、黒化（酸化）－還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、 Cu-Ni-P 針状合金めっきによる処理等を挙げることができる。

ここで、粗化面を形成した場合、該粗化面の平均粗度は、通常、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ が望ましく、導体回路と層間絶縁層との密着性、導体回路の電気信号伝送能に対する影響等を考慮すると $2 \sim 4 \mu\text{m}$ がより望ましい。

なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に行い、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

(3) 次に、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。

上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコート、カーテンコート等により塗布したり、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。

また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム状に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

これらのなかでは、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着する方法が望ましく、樹脂フィルムの圧着は、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。

また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力 $0.25 \sim 1.0 \text{MPa}$ 、温度 $40 \sim 70^\circ\text{C}$ 、真空度 $13 \sim 1300 \text{Pa}$ 、時間 $10 \sim 120$ 秒程度の条件で行うことが望ましい。

上記熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。

- 5 上記エポキシ樹脂の具体例としては、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

上記感光性樹脂としては、アクリル樹脂等が挙げられる。

- 10 また、上記熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂としては、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの等が挙げられる。

上記熱可塑性樹脂としては、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニレンエーテル（PPE）ポリエーテルイミド（PI）等が挙げられる。

- 15 また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性樹脂や感光性樹脂（熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂も含む）と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えばフェノール樹脂／ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂／ポリスルホン、エポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂／フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、
20 アクリル樹脂／フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン等が挙げられる。

- また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝95／5～50／
25 50が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。

また、上記樹脂層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。

具体的には、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝50／50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性

樹脂＝90/10の樹脂複合体から形成されている等である。

このような構成にすることにより、基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。

- 5 また、上記樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。

上記粗化面形成用樹脂組成物としては、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して難溶性の未硬化の耐熱性樹脂マトリックス中に、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質が分散されたもの等が挙げられる。

- 10 なお、上記「難溶性」および「可溶性」という語は、同一の粗化液に同一時間浸漬した場合に、相対的に溶解速度の早いものを便宜上「可溶性」といい、相対的に溶解速度の遅いものを便宜上「難溶性」と呼ぶ。

- 15 上記耐熱性樹脂マトリックスとしては、層間絶縁層に上記粗化液を用いて粗化面を形成する際に、粗化面の形状を保持することができるものが好ましく、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、これらの複合体等が挙げられる。また、感光性樹脂を用いることにより、層間絶縁層に露光、現像処理を用いてバイアホール用開口を形成してもよい。

- 20 上記熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂を感光化する場合は、メタクリル酸やアクリル酸等を用い、熱硬化基を（メタ）アクリル化反応させる。

- 25 上記エポキシ樹脂としては、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。また、感光性を付与した熱硬化性樹脂

の具体例としては、エポキシ樹脂の（メタ）アクリレートが望ましく、さらに、1分子中に、2個以上のエポキシ基を有するエポキシ樹脂がより望ましい。

上記熱可塑性樹脂としては、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニルエーテル、ポリエーテルイミド等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

上記酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質は、無機粒子、樹脂粒子および金属粒子から選ばれる少なくとも1種であることが望ましい。

10 上記無機粒子としては、アルミニウム化合物、カルシウム化合物、カリウム化合物、マグネシウム化合物、ケイ素化合物等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

上記アルミニウム化合物としては、アルミナ、水酸化アルミニウム等が挙げられ、上記カルシウム化合物としては、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等が挙げられ、上記カリウム化合物としては、炭酸カリウム等が挙げられ、上記マグネシウム化合物としては、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等が挙げられ、上記ケイ素化合物としては、シリカ、ゼオライト等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

20 上記アルミナ粒子は、ふっ酸で溶解除去することができ、炭酸カルシウムは塩酸で溶解除去することができる。また、ナトリウム含有シリカやドロマイトはアルカリ水溶液で溶解除去することができる。

上記樹脂粒子としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等からなるものが挙げられ、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に浸漬した場合に、上記耐熱性樹脂マトリックスよりも溶解速度の早いものであれば特に限定されず、具体例としては、アミノ樹脂（メラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等）、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂等挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。

なお、上記樹脂粒子は予め硬化処理されていることが必要である。硬化させておかないと上記樹脂粒子が耐熱性樹脂マトリックスを溶解させる溶剤に溶解してしまうこととなるからである。

また、上記樹脂粒子としては、ゴム粒子や液相樹脂、液相ゴム等を用いてもよい。
5 い。

上記ゴム粒子としては、アクリロニトリル・ブタジエンゴム、ポリクロロプレンゴム、ポリイソプレンゴム、アクリルゴム、多硫系剛性ゴム、フッ素ゴム、ウレタンゴム、シリコーンゴム、ABS樹脂等が挙げられる。

また、ポリブタジエンゴム、エポキシ変性、ウレタン変性、(メタ)アクリロニトリル変性等の各種変性ポリブタジエンゴム、カルボキシル基を含有した(メタ)アクリロニトリル・ブタジエンゴム等を使用してもよい。
10

上記液相樹脂としては、上記熱硬化性樹脂の未硬化溶液を使用することができ、このような液相樹脂の具体例としては、未硬化のエポキシオリゴマーとアミン系硬化剤の混合液等が挙げられる。

上記液相ゴムとしては、上記したポリブタジエンゴム、エポキシ変性、ウレタン変性、(メタ)アクリロニトリル変性等の各種変性ポリブタジエンゴム、カルボキシル基を含有した(メタ)アクリロニトリル・ブタジエンゴム等の未硬化溶液等を使用することができる。
15

上記液相樹脂や液相ゴムを用いて上記感光性樹脂組成物を調製する場合には、耐熱性樹脂マトリックスと可溶性の物質とが均一に相溶しない(つまり相分離するように)ように、これらの物質を選択する必要がある。
20

上記基準により選択された耐熱性樹脂マトリックスと可溶性の物質とを混合することにより、上記耐熱性樹脂マトリックスの「海」の中に液相樹脂または液相ゴムの「島」が分散している状態、または、液相樹脂または液相ゴムの「海」の中に、耐熱性樹脂マトリックスの「島」が分散している状態の感光性樹脂組成物を調製することができる。
25

そして、このような状態の感光性樹脂組成物を硬化させた後、「海」または「島」の液相樹脂または液相ゴムを除去することにより粗化面を形成することができる。

上記金属粒子としては、金、銀、銅、スズ、亜鉛、ステンレス、アルミニウム、ニッケル、鉄、鉛等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。

5 また、上記金属粒子は、絶縁性を確保するために、表層が樹脂等により被覆されていてもよい。

上記可溶性の物質を、2種以上混合して用いる場合、混合する2種の可溶性の物質の組み合わせとしては、樹脂粒子と無機粒子との組み合わせが望ましい。両者とも導電性が低いため、層間絶縁層の絶縁性を確保することができるとともに、難溶性樹脂との間で熱膨張の調整が図りやすく、粗化面形成用樹脂組成物からなる層間絶縁層にクラックが発生せず、層間絶縁層と導体回路との間で剥離が発生しないからである。

15 上記粗化液として用いる酸としては、リン酸、塩酸、硫酸、硝酸や、蟻酸、酢酸等の有機酸等が挙げられるが、これらのなかでは有機酸を用いることが望ましい。粗化处理した場合に、バイアホールから露出する金属導体層を腐食させにくいからである。

上記酸化剤としては、クロム酸、クロム硫酸、アルカリ性過マンガン酸塩（過マンガン酸カリウム等）の水溶液等を用いることが望ましい。

また、上記アルカリとしては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等の水溶液が望ましい。

20 上記可溶性の物質の平均粒径は、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下が望ましい。

また、平均粒径が $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下の平均粒径の相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせ使用してもよい。即ち、平均粒径が $0.1\sim 0.5\text{ }\mu\text{m}$ の可溶性の物質と平均粒径が $1\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ の可溶性の物質とを組み合わせる等である。

25 このように、平均粒子と相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせることにより、薄膜導体層の溶解残渣をなくし、めっきレジスト下のパラジウム触媒量を少なくし、さらに、浅くて複雑な粗化面を形成することができる。

さらに、複雑な粗化面を形成することにより、粗化面の凹凸が小さくても実用

的なピール強度を維持することができる。

上記粗粒子は平均粒径が $0.8\mu\text{m}$ を超え $2.0\mu\text{m}$ 未満であり、微粒子は平均粒径が $0.1\sim 0.8\mu\text{m}$ であることが望ましい。

- (4) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用貫通孔を形成してもよい。

- 上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。

また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。

- また、この工程でスルーホール用貫通孔を形成する場合、該スルーホール用貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

上記レーザ処理に使用するレーザとしては、炭酸ガスレーザ、紫外線レーザ、エキシマレーザ等が挙げられる。これらのなかでは、エキシマレーザや短パルスの炭酸ガスレーザが望ましい。

- また、エキシマレーザのなかでも、ホログラム方式のエキシマレーザを用いることが望ましい。ホログラム方式とは、レーザ光をホログラム、集光レンズ、レーザマスク、転写レンズ等を介して目的物に照射する方式であり、この方式を用いることにより、一度の照射で樹脂フィルム層に多数の開口を効率的に形成することができる。

- また、炭酸ガスレーザを用いる場合、そのパルス間隔は、 $10^{-4}\sim 10^{-8}$ 秒であることが望ましい。また、開口を形成するためのレーザを照射する時間は、 $10\sim 500\mu\text{s}$ であることが望ましい。

また、光学系レンズと、マスクとを介してレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。光学系レンズとマスク

とを介することにより、同一強度で、かつ、照射強度が同一のレーザ光を複数の部分に照射することができるからである。

このようにしてバイアホール用開口を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を施してもよい。

- 5 (5) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に、導体回路を形成する。

導体回路を形成するにあたっては、まず、層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

- 10 上記薄膜導体層は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により形成することができる。

上記薄膜導体層の材質としては、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。

これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。

- 15 また、上記薄膜導体層の厚さは、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、望ましい下限は $0.3\mu\text{m}$ である。薄膜導体層の厚さが $0.3\mu\text{m}$ 未満では、該薄膜導体層が未形成の部分が生じることがあるからである。より望ましい下限は $0.6\mu\text{m}$ である。一方、望ましい上限は $2.0\mu\text{m}$ であり、より望ましい上限は $1.2\mu\text{m}$ である。薄膜導体層の厚さが $1.2\mu\text{m}$ を超えると、エッチング残りが生じやすくなるからである。
- 20

また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ が望ましい。

- また、上記薄膜導体層を形成する前に、層間絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。粗化面を形成することにより、層間絶縁層と薄膜導体層との密着性を向上させることができる。特に、粗化面形成用樹脂組成物を用いて層間絶縁層を形成した場合には、酸や酸化剤等を用いて粗化面を形成することが望ましい。
- 25

また、上記(4)の工程でスルーホール用貫通孔を形成した場合には、層間絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

(6) 次いで、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成する。

上記めっきレジストは、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着配置し、露光
5 現像処理を施すこと等により形成することができる。

(7) その後、薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。上記電気めっきとしては、銅めっきが望ましい。

また、上記電気めっき層の厚さ、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ が望ましい。

10 その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の薄膜導体層を除去することにより導体回路（ビアホールを含む）を形成することができる。

上記めっきレジストの除去は、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。

15 また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。

また、このめっきレジストを形成した後、電気めっき層を形成する方法（工程（6）および（7））に代えて、薄膜導体層上の全面に電気めっき層を形成した
20 後、エッチング処理を施す方法を用いて導体回路を形成してもよい。具体的には、第二群の本発明の第二の発明の製造方法に記載したサブトラクティブ法による導体回路の形成方法と同様の方法を用いてもよい。

また、上記（4）および（5）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。

25 また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

(8) 次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、上記（3）および（4）の工程を繰り返すことにより層間絶縁層を形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成しても

よいし、形成しなくてもよい。

(9) さらに、必要に応じて、(5)～(8)の工程を繰り返すことにより、導体回路と層間絶縁層とを積層形成してもよい。

このような(1)～(9)の工程を行うことにより、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成された多層配線板を製造することができる。

なお、ここでは、セミアディティブ法を中心に多層配線板の製造方法を説明したが、上記(a)の工程で製造する多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法に限定されず、フルアディティブ法、サブトラクティブ法、一括積層法、コンフォーマル法等を用いて行うこともできる。

10 第一群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法では、上記(a)の工程を経て、多層配線板を製造した後、上記(b)の工程、即ち、上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程を行う。この工程で形成する貫通孔は、ICチップ実装用基板において光信号伝送用光路の役割を果たすこととなる。従って、この工程で形成する貫通孔を、以下、光路用貫通孔という。

15 上記光路用貫通孔の形成は、ドリル加工やレーザ処理等により行う。

上記レーザ処理において使用するレーザとしては、上記バイアホール用開口の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

上記光路用貫通孔の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、ICチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。

20 また、上記光路用貫通孔は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

また、光路用貫通孔形成後、必要に応じて、デスミア処理を行ってもよい。

上記デスミア処理は、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスミア処理を行うことにより、
25 光路用貫通孔内の樹脂残り、バリ等を除去することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

また、光路用貫通孔形成後、下記工程で導体層を形成したり、未硬化の樹脂組成物を充填したりする前、必要に応じて、光路用貫通孔の壁面を粗化面とする粗化面形成工程を行ってもよい。導体層や樹脂組成物との密着性の向上をはかるこ

とができるからである。

上記粗化面の形成は、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、基板や層間絶縁層等の光路用貫通孔を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理

5 やコロナ処理等により行うこともできる。

上記粗化面の平均粗度（Ra）は、0.5～5 μmが望ましく、1～3 μmがより望ましい。この範囲であれば、導体層や樹脂組成物との密着性に優れるとともに、光信号の伝送に悪影響を及ぼさないからである。

上記光路用貫通孔を形成した後には、必要に応じて、上記光路用貫通孔の壁面に
10 に導体層を形成する導体層形成工程を行ってもよい。

上記導体層の形成は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により行うことができる。

具体的には、光路用貫通孔を形成した後、該光路用貫通孔の壁面に触媒核を付与し、その後、光路用貫通孔が形成された基板を無電解めっき浴に浸漬する方法
15 等を用いることができる。

また、無電解めっきやスパッタリングを組み合わせることで2層以上からなる導体層を形成してもよいし、無電解めっきやスパッタリングの後、電解めっきを行って2層以上からなる導体層を形成してもよい。

このような導体層形成工程においては、上記光路用貫通孔の壁面に導体層を形成
20 するとともに、上記（a）の工程で形成した層間絶縁層上に、最外層の導体回路を形成することが望ましい。

具体的には、まず、無電解めっき等により光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する際に、層間絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

次に、この層間絶縁層表面に形成した導体層上にめっきレジストを形成する。
25 めっきレジストの形成は、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着載置し、露光現像処理を施すこと等により形成する。

さらに、上記層間絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成し、その後、上記め

つきレジストと該めつきレジスト下の導体層を除去することにより層間絶縁層上に独立した導体回路を形成する。

また、上記導体層を形成した後、上記導体層の壁面に粗化層を形成してもよい。上記粗化層の形成は、黒化（酸化）－還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含む
5 エッチング液等を用いたエッチング処理、Cu－Ni－P針状合金めつきによる処理等を用いて行うことができる。

また、粗化層に代えて、または、粗化層とともに被覆層を形成してもよい。

また、上記光路用貫通孔を形成した後、必要に応じて、該貫通孔に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂充填工程を行ってもよい。

- 10 未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、その少なくとも一部が樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

具体的な未硬化の樹脂組成物の充填方法としては特に限定されず、印刷やポッティング等の方法を用いることができる。

- 15 なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、未硬化の樹脂組成物は一回で印刷してもよいし、2回以上に分けて印刷してもよい。また、多層配線板の両面から印刷を行ってもよい。

また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光路用貫通孔の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光路用貫通孔から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。

- 20 上記余分な樹脂組成物の除去は、研磨等により行うことができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であっても良いし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択すればよい。

- 25 このような貫通孔形成工程と、必要に応じて行う、粗化面形成工程、導体層形成工程、および、樹脂組成物充填工程を経ることにより上記（a）の工程を経て製造した多層配線板に光信号伝送用光路を形成することができる。

また、上記導体層形成工程を行う際に、層間絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、上記導体層を形成工程を行わない場合であっても、上述した方法により層間絶縁

層の表面に導体回路を形成することができる。

次に、上記（c）の工程、即ち、上記（b）の工程で形成した光路用貫通孔に連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程を行う。

- 5 具体的には、下記（１）および（２）の工程を行うことによりソルダーレジスト層を形成することができる。

（１）まず、光路用貫通孔を形成した多層配線板の最外層にソルダーレジスト組成物の層を形成する。

- 10 上記ソルダーレジスト組成物の層は、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂等からなるソルダーレジスト組成物を用いて形成することができる。

- 15 また、上記以外のソルダーレジスト組成物としては、ノボラック型エポキシ樹脂の（メタ）アクリレート、イミダゾール硬化剤、２官能性（メタ）アクリル酸エステルモノマー、分子量５００～５０００程度の（メタ）アクリル酸エステルの重合体、ビスフェノール型エポキシ樹脂等からなる熱硬化性樹脂、多価アクリル系モノマー等の感光性モノマー、グリコールエーテル系溶剤などを含むペースト状の流動体が挙げられ、その粘度は２５℃で１～１０Pa・sに調整されていることが望ましい。また、市販のソルダーレジスト組成物を用いてもよい。

- 20 また、上記ソルダーレジスト組成物からなるフィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成してもよい。特に、光路用貫通孔が空隙により構成されている場合は、フィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成することが望ましい。

（２）次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光路用貫通孔に連通した開口（以下、光路用開口ともいう）を形成する。

- 25 具体的には、露光現像処理やレーザ処理等により形成することができる。

また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田バンプ形成用開口を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口の形成と、上記半田バンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する

樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と半田バンプ形成用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

- また、この工程では、光路用開口を形成した後、該光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより樹脂組成物、または、樹脂組成物とその周囲の導体層により構成される光信号伝送用光路を形成することができる。なお、ここで充填する未硬化の樹脂組成物は、上記（b）の工程で充填した未硬化と樹脂組成物と同様の組成からなるものが望ましい。

- また、上記未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては特に限定されず、上記（b）の工程で光路用貫通孔に未硬化の樹脂組成物を充填する際に用いた方法と同様の方法等を用いることができる。

- なお、この工程で未硬化の樹脂組成物を充填する場合、上記（b）の工程で先に、光路用貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填しておくことが望ましいが、上記（b）の工程においては、未硬化の樹脂組成物の充填は行わず、この工程で、光路用開口を形成した後、該光路用開口と上記光路用貫通孔とに、同時に未硬化の樹脂組成物を充填してもよい。

このような（１）および（２）の工程を経ることにより、光路用貫通孔の形成された多層配線板上に、該光路用貫通孔と連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成することができる。

- また、上記光路用貫通孔と上記光路用開口とを形成した後、必要に応じて、該光路用開口の端部にマイクロレンズを配設するマイクロレンズ配設工程を行ってもよい。

上記マイクロレンズの配設は、光学レンズを接着剤層を介して取り付けることにより行うことが望ましい。

- また、光学レンズ用樹脂を用いてマイクロレンズの配設を行う場合には、上記光路用開口の端部に、未硬化の光学レンズ用樹脂を適量滴下し、この未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施すことによりマイクロレンズを配設することができる。従って、この場合には、上記光路用開口内に樹脂組成物が充填されていることが望ましい。

また、上記未硬化の光学レンズ用樹脂は、その粘度が 10～50 c p s (m P

・ s) であることが望ましい。上記粘度がこの範囲にある場合には、樹脂を滴下した際に、表面張力により半球状となるからである。

このような方法を用いる場合、未硬化の光学レンズ用樹脂の滴下は、ディスペンサー、インクジェット、マイクロピペット、マイクロシリンジ等の装置を用いて行うことができる。また、これらの装置を用いて滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、表面張力により球形になろうとするため、光路用開口の端部（樹脂組成物の端部）で半球状となり、硬化後、この半球状の光学レンズ用樹脂がマイクロレンズとなる。

また、光学レンズ用樹脂からなるマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、樹脂組成物と未硬化の光学レンズ用樹脂との塗れ性等を考慮しながら、適宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

なお、樹脂組成物および空隙、または、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とから構成される光信号伝送用光路にマイクロレンズを配設する場合には、樹脂組成物の端部にマイクロレンズを配設してもよく、この場合、マイクロレンズの配設位置は、光信号伝送用光路の端部に限定されない。

また、上記 (a) ～ (c) の工程を行う第一群の本発明の第二の発明の製造方法では、多層配線板を製造した後、該多層配線板に光路用貫通孔を形成し、その後、ソルダーレジスト層の形成を行っているが、第一群の本発明の第一の発明の IC チップ実装用基板を製造する際には、場合によっては、多層配線板を製造した後、先に、ソルダーレジスト層の形成を行い、その後、光信号伝送用光路を形成するための貫通孔を形成してもよい。

第一群の本発明の第二の発明の IC チップ実装用基板の製造方法では、このような (a) ～ (c) の工程を行った後、下記の方法を用いて、半田パッドや半田バンプの形成、光学素子の実装を行うことにより IC チップ実装用基板を製造することができる。

即ち、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケルー金、ニッケルー銀、ニッケルーパラジウム、ニッケルーパラジウムー金等の金属により被覆層を形成

することが望ましい。

上記被覆層は、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

- 5 さらに、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

- さらに、ソルダーレジスト層に光学素子（受光素子および発光素子）を実装する。光学素子の実装は、上記半田バンプ等を介して行うことができる。また、上記半田バンプを形成する際に、半田ペーストを充填した時点で光学素子を取り付けておき、リフローと同時に光学素子の実装を行ってもよい。
- 10 また、半田に代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。

このような工程を経ることにより、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を製造することができる。

- 15 次に、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスについて説明する。

第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることを特徴とする。

- 20 第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスでは、上記ＩＣチップ実装用基板に形成された光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行うことができる。

- 上記光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板としては、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されているものであれば特に限定されないが、上述した第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板が望ましい。ＩＣチップ実装用基板として、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を用いることにより、上述した種々の効果を得ることができるからである。
- 25

なお、上記した形状の光信号伝送用光路が形成されているＩＣチップ実装用基板としては、ＲＣＣタイプ基板等を用いてもよい。

また、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、最外層にソルダーレジスト層が形成されているが、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板では、最外層にソルダーレジスト層が形成されていなくてもよい。ただし、ＩＣチップ実装用基板の最外層にソルダー

5 レジスト層が形成されている場合には、多層プリント配線板と半田バンプ等を介して接続する際や、光学素子を表面実装する際に、セルフアライメント作用による位置合わせの効果を得ることができる。

上記光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板としては、基板と導体回路とを含んで構成され、さらに、光導波路が形成されたもの等が挙げられる。

10 このような多層プリント配線板では、光導波路を介して光信号の伝送を行うことができる。

また、上記多層プリント配線板では、上記ＩＣチップ実装用基板との間（例えば、上記ＩＣチップ実装用基板に実装された光学素子との間）で、光信号の伝送を行うことができるように、必要に応じて、光信号伝送用光路が形成されていて

15 もよい。

上記光導波路の材料としては、石英ガラス、化合物半導体、ポリマー材料等が挙げられる。これらのなかでは、加工性に優れるとともに、多層プリント配線板の層間絶縁層との密着性に優れ、低コストである点からポリマーが望ましい。

上記ポリマー材料としては、従来公知のものをを用いることができ、具体的には、

20 PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；シロキサン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

また、上記光導波路がマルチモードの光導波路である場合、その材料は、アクリル樹脂やエポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂であることが望ましく、上記

25 光導波路がシングルモードの光導波路である場合、その材料は、ポリイミド樹脂やシリコン樹脂、シロキサン樹脂であることが望ましい。

また、上記光導波路のコアの厚さは $1 \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましく、その幅は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましい。上記幅が $1 \mu\text{m}$ 未満では、その形成が容易でないことが

あり、一方、上記幅が $100\mu\text{m}$ を超えると、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

また、上記光導波路のコアの厚さと幅との比は、 $1:1$ に近いほうが望ましい。これは、通常、上記受光素子の受光部や上記発光素子の発光部の平面形状が円形状だからである。なお、上記厚さと幅との比は特に限定されるものではなく、通常、約 $1:2\sim$ 約 $2:1$ 程度であればよい。

さらに、上記光導波路が通信波長 $1.31\mu\text{m}$ または $1.55\mu\text{m}$ のシングルモードの光導波路である場合には、そのコアの厚さおよび幅は $5\sim15\mu\text{m}$ であることがより望ましく、 $10\mu\text{m}$ 程度であることが特に望ましい。また、上記光導波路が通信波長 $0.85\mu\text{m}$ でマルチモードの光導波路である場合には、そのコアの厚さおよび幅は $20\sim80\mu\text{m}$ であることがより望ましく、 $50\mu\text{m}$ 程度であることが特に望ましい。

また、上記光導波路には、粒子が配合されていてもよい。光導波路に粒子を配合することにより、光導波路にクラックが発生しにくくなるからである。即ち、光導波路に粒子が配合されていない場合には、光導波路と他の層（基板や層間絶縁層等）との熱膨張係数が異なることに起因して光導波路にクラックが発生することがあるが、光導波路に粒子を配合して熱膨張係数を調整することにより、上記他の層との熱膨張係数の差を小さくした場合には、光導波路にクラックが発生しにくくなるからである。

上記粒子の具体例としては、上記光信号伝送用光路に含まれる粒子と同様のものが挙げられる。

また、上記粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、上記粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

上記粒径は、その下限が $0.01\mu\text{m}$ で、上限が $0.8\mu\text{m}$ であることがより望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて、樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を

5 調製することが困難になることがあるからである。

上記粒径は、その下限が $0.1\mu\text{m}$ で、その上限が $0.8\mu\text{m}$ であることがさらに望ましい。この範囲にあると、スピンコート、ロールコート等を用いて樹脂組成物を塗布するの適しており、また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

10 上記粒径は、その下限が $0.2\mu\text{m}$ で、その上限が $0.6\mu\text{m}$ であることが特に望ましい。この範囲が、樹脂組成物の塗布、光導波路のコアの形成に特に適している。さらに、形成した光導波路ごとのバラツキ、特に、コアのバラツキが最も小さくなり、光通信用デバイスの特性に特に優れることとなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子

15 が含まれていてもよい。また、上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

上記粒子の配合量は、その望ましい下限が10重量%であり、より望ましい下限が20重量%である。一方、上記粒子の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であること

25 から、シート状が望ましい。

また、上記光導波路がコアとクラッドとから構成されているものである場合、上記粒子は、コアとクラッドとの両方に配合されていてもよいが、コアには粒子が配合されておらず、該コアの周囲を覆うクラッドにのみ粒子が配合されていることが望ましい。その理由は以下のとおりである。

すなわち、光導波路に粒子を配合する場合、該粒子と光導波路の樹脂成分との密着性によっては、粒子と樹脂成分との界面に空気層が生じてしまうことがあり、この場合には、この空気層により光の屈折方向が変わり、光導波路の伝送損失が大きくなることがあるのに対し、クラッドにのみ粒子が配合を配合した場合には、

5 上述したような粒子を配合することにより、光導波路の伝送損失が大きくなるという問題が発生することがないとともに、光導波路でクラックが発生しにくくなるからである。

また、上記 I C チップ実装用基板に受光素子および発光素子が実装されており、上記多層プリント配線板において、上記受光素子および発光素子に対向するそれぞれ

10 ぞれの位置に光導波路が形成されている場合には、上記受光素子に対向する位置に形成された光導波路と、上記発光素子に対向する位置に形成された光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。

また、上記光導波路には、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能

15 だからである。また、光導波路に光路変換ミラーを形成する代わりに、光導波路の端部の先に、光路変換部を有する部材を配置してもよい。

上記光路変換ミラーの形成は、後述するように、光導波路の一端を研削することにより行うことができる。

また、上記多層プリント配線板は、電気信号を伝達するための半田バンプが形成

20 成されていることが望ましい。これにより、外部電子部品や外部基板との間で電気信号の伝送を行うことができるからである。

また、半田バンプが形成されている場合には、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを半田バンプを介して接続することにより、I C チップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子と、多層プリント配線板に形成された光導波

25 路とが対向する所定の位置に両者を配置することができる。半田のセルフアライメント作用を利用することができるからである。なお、上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板とが P G A (Pin Grid Array) や B G A (Ball Grid Array) を介して接続されている場合にも同様の効果を得ることができる。

以上説明したように、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスは、上

述したような光信号伝送用光路が形成された I C チップ実装用基板と、多層プリント配線板とからなるものであれば特に限定されないが、受光素子および発光素子が実装された I C チップ実装用基板と、光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、上記受光素子および発光素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができるように構成されたものであることが望ましい。また、多層プリント配線板に接続される I C チップ実装用基板の数は、1 個に限定されず、複数個であってもよい。多層プリント配線板に接続される I C チップ実装用基板は、複数の I C チップ実装用基板が積み重ねられたものであってもよい。

- 10 第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスの実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図 3 は、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 3 では、I C チップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

- 15 図 3 に示すように、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイス 1 2 5 0 は、I C チップ 1 2 4 0 が実装された I C チップ実装用基板 1 2 2 0 と多層プリント配線板 1 2 0 0 とから構成され、I C チップ実装用基板 1 2 2 0 と多層プリント配線板 1 2 0 0 とは、半田接続部 1 2 4 1 を介して電氣的に接続されている。

- 20 I C チップ実装用基板 1 2 2 0 は、基板 1 2 2 1 の両面に導体回路 1 2 2 4 と層間絶縁層 1 2 2 2 とが積層形成され、基板 1 2 2 1 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 1 2 2 2 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 1 2 2 9 およびバイアホール 1 2 2 7 により電氣的に接続されている。

- 25 また、I C チップ実装用基板 1 2 2 0 には、これを貫通する光信号伝送用光路 1 2 5 1 が形成されており、この光信号伝送用光路 1 2 5 1 は、その壁面の一部に導体層 1 2 5 1 b が形成され、さらに、その内部の一部に樹脂組成物 1 2 5 1 a が充填されている。従って、光信号伝送用光路 1 2 5 1 は、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とから構成されている。

また、I C チップ実装用基板 1 2 2 0 では、I C チップ 1 2 4 0 が実装された側の面に受光素子 1 2 3 8 および発光素子 1 2 3 9 が実装され、光信号伝送用光

路 1 2 5 1 を介して、受光素子 1 2 3 8 や発光素子 1 2 3 9 と光導波路 1 2 1 9 (1 2 1 9 a、1 2 1 9 b) との間で光信号を伝送することができるように構成されている。

さらに、I C チップ用実装基板 1 2 2 0 の最外層には、半田バンプを備えたソ
5 ルダーレジスト層 1 2 3 4 が形成されている。

多層プリント配線板 1 2 0 0 は、基板 1 2 0 1 の両面に導体回路 1 2 0 4 と層間絶縁層 1 2 0 2 とが積層形成され、基板 1 2 0 1 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 1 2 0 2 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 1 2 0 9 およびビアホール 1 2 0 7 により電氣的に接続されている。

10 また、多層プリント配線板 1 2 0 0 の I C チップ用実装基板 1 2 2 0 と対向する側の最外層には、光路用開口 1 2 1 1 と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層 1 2 1 4 が形成されるとともに、光路用開口 1 2 1 1 (1 2 1 1 a、1 2 1 1 b) 直下に光変換ミラー 1 2 1 9 (1 2 1 9 a、1 2 1 9 b) を備えた光導波路 1 2 1 8 (1 2 1 8 a、1 2 1 8 b) が形成されている。

15 このような構成からなる光通信用デバイス 1 2 5 0 では、光ファイバ (図示せず) を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路 1 2 1 8 a に導入され、光路変換ミラー 1 2 1 9 a、光路用開口 1 2 1 1 a および光信号伝送用光路 1 2 5 1 を介して受光素子 1 2 3 8 (受光部 1 2 3 8 a) に送られた後、受光素子 1 2 3 8 で電気信号に変換され、さらに、半田接続部 1 2 4 2、導体回路 1 2 2 4、
20 バイアホール 1 2 2 7、および、半田接続部 1 2 4 3 を介して I C チップ 1 2 4 0 に送られることとなる。

また、I C チップ 1 2 4 0 から送り出された電気信号は、半田接続部 1 2 4 3、ビアホール 1 2 2 7、導体回路 1 2 2 4、および、半田接続部 1 2 4 2 を介して発光素子 1 2 3 9 に送られた後、発光素子 1 2 3 9 で光信号に変換され、この
25 光信号が発光素子 1 2 3 9 (発光部 1 2 3 9 a) から光信号伝送用光路 1 2 5 1、光路用開口 1 2 1 1 b および光変換ミラー 1 2 1 9 b 介して光導波路 1 2 1 8 b に導入され、さらに、光ファイバ (図示せず) を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスでは、I C チップ実装用基板

の表面、即ち、ＩＣチップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。

また、ＩＣチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田接続部を介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他のＩＣチップ等の電子部品に送られることとなる。

また、このような構成からなる光通信用デバイス１２５０では、ＩＣチップ実装用基板に実装した受光素子および発光素子、ならびに、多層プリント配線板に形成した光導波路に位置ズレが発生しにくいため、光信号の接続信頼性に優れることとなる。

なお、図３に示した多層プリント配線板における光導波路の形成位置は、ＩＣチップ実装用基板に近い側の最外層の層間絶縁層上であるが、第一群の本発明の第三の発明のＩＣチップ実装用基板を構成する多層プリント配線板において、光導波路の形成位置はここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板上であってもよい。

次に、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造する方法について説明する。

上記光通信用デバイスの製造は、まず、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造し、その後、両者を半田等を介して接続することにより行うことができる。

従って、ここでは、まず、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とのそれぞれを製造する方法について説明し、その後、両者を接続する方法について説明する。

上記ＩＣチップ実装用基板を製造する方法としては、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。

なお、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板は、上述したように、必ずしもソルダーレジスト層が形成されている

必要がない。従って、ソルダーレジスト層が形成されていないＩＣチップ実装用基板を製造する場合には、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法において、（ｃ）の工程を行わなければよい。

上記多層プリント配線板を製造する方法としては、下記（１）～（６）の工程
5 を行う方法等を用いることができる。

（１）第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ａ）の工程と同様の方法を用いて多層配線板を製造する。

（２）次に、上記多層配線板の層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

10 上記光導波路の形成は、後述する第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法において、多層プリント配線板に光導波路を形成する方法、すなわち、多層プリント配線板の製造方法の（３）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成することができる。

15 ポリマー材料からなる光導波路を形成する場合において、コアに粒子が配合された光導波路を形成する場合には、露光現像法に比べて、金型形成法が望ましい。その理由は以下のとおりである。

すなわち、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成し、その後、この溝内にコアを形成する金型形成法でコアを形成した場合には、コアに配合される粒子は全部、コア中に入ってしまうこととなるため、コアの表面は平坦で光
20 信号の伝送性に優れるのに対し、露光現像法でコアを形成した場合には、現像後のコアにおいて、コア表面から粒子の一部が突出していたり、コア表面に粒子がとれた窪みが形成されていたりして、コアの表面に凹凸が形成されることがあり、この凹凸によって光が所望の方向に反射なくなり、その結果、光信号の伝送性が低下することがあるからである。

25 また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

上記光路変換ミラーを形成する方法は、光導波路を層間絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、層間絶縁層上に取り付けた後に形成してもよいが、該光導波路を層間絶縁層上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、多層プリン

ト配線板を構成する他の部材、導体回路や層間絶縁層等を傷付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

上記光路変換ミラーを形成する方法としては、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法における、多層プリント配線板の製造方法の（３）
5 の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。また、光路変換ミラーを形成する代わりに光路変換部材を埋め込んでもよい。

（３）次に、光導波路を形成した多層配線板の最外層に溶剤レジスト組成物の層を形成する。上記溶剤レジスト組成物の層は、本群の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法において溶剤レジスト層を形成する際に用い
10 る樹脂組成物と同様の樹脂組成物等を用いて形成することができる。なお、上記溶剤レジスト組成物の層の形成は必要に応じて行えばよい。

（４）次に、ＩＣチップ実装用基板と対向する側の溶剤レジスト組成物の層に半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成し、溶剤レジスト層とする。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、ＩＣチップ実装用基板に
15 半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、即ち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。

なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

これらのなかでは、溶剤レジスト層を形成する際に、その材料として感光
20 性樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。

露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。

また、溶剤レジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する
25 樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有する溶剤レジスト層を形成してもよい。

また、必要に応じて、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側の溶剤レジスト層を半田バンプ形成用開口を有する溶剤レジスト層としてもよい。

後工程を経ることにより、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側の溶剤

ダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

また、この工程では、光路用開口を形成した後、該光路用開口に樹脂組成物を充填してもよい。なお、上記光路用開口内に充填する樹脂組成物としては、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法において、光路用貫
5 通孔に充填する樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。

(5) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、スズ、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、本群の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法において半田パッドを形成する方法と同様の方法を用いて行えばよい。
10

(6) 次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。なお、場合によっては、PGA や BGA を形成してもよい。

また、I C チップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、
15 外部基板接続面に、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGA や BGA としてもよい。

このような工程を経ることにより、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造することができる。

次に、上記した方法で製造した I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを用い、光通信用デバイスを製造する方法について説明する。
20

まず、上記 I C チップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電氣的に接続する。

即ち、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、その後、リフローすることにより両者を接続し、光通信用デバイスとすることができる。
25

また、この工程では、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田によるセルフアライメント効果で両者を所定の位置に配置することができる。

なお、上記ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板のそれぞれの対向する面のうち、どちらか一方の面にのみ半田バンプが形成されていてもよい。この場合も両者を電氣的に接続することができるからである。

次に、上記ＩＣチップ実装用基板にＩＣチップを実装し、その後、必要に応じて、樹脂封止を行う。

上記ＩＣチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。なお、ＩＣチップは、上述したように、フリップチップ接続により実装することができるものが望ましい。

また、ＩＣチップの実装を、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する前に行い、ＩＣチップを実装したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続してもよい。

このような工程を経ることにより、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造することができる。

次に、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスについて説明する。

第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、

前記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていること特徴とする。

第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスでは、上記多層プリント配線板に形成された光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行うことができる。

上記光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板としては特に限定されず、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板等が挙げられる。

また、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板には、必ずしも光信号伝送用光路が形成されている必要はない。従って、上記ＩＣチップ実装用基板に受光素子や発光素子等の光学素子を実装する場合には、ＩＣチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側に、半田や導電性接着剤等を介して取り付ければよい。この場合、ＩＣチップ実装用基板に光信号伝送用光路が形成されていなくても、受光素子や発光素子と多層プリント配

線板に形成した光導波路との間で光信号の伝送を行うことができる。また、光学素子がＩＣチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側に実装されている場合も、該光学素子は、ＩＣチップ実装用基板の表面に実装されていることが望ましい。

- 5 また、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板は、導体回路、層間絶縁層および上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するバイアホールを含んで構成されていることが望ましい。ＩＣチップ実装用基板の高密度化をはかることができるからである。

10 なお、上記ＩＣチップ実装用基板としては、ＲＣＣタイプ基板等を用いてもよい。

- 15 また、上記ＩＣチップ実装用基板では、最外層に溶剤レジスト層が形成されていなくてもよい。ただし、ＩＣチップ実装用基板の最外層に溶剤レジスト層が形成されている場合には、多層プリント配線板と半田バンプ等を介して接続する際や、光学素子を表面実装する際に、セルフアライメント作用による位置
15 合わせの効果をを得ることができる。

20 また、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、さらに、少なくとも上記基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されたものである。

- 20 このような多層プリント配線板では、上記光信号伝送用光路を介して、外部基板（ＩＣチップ実装用基板）との間で光信号の授受を行うことができる。

- 25 また、上述したような光信号伝送用光路が形成されている多層プリント配線板では、光導波路を形成する場合、該光導波路の形成位置の自由度が高まることとなり、多層プリント配線板の高密度化をはかることができる。これは、光導波路の形成位置の自由度が高まることにより、多層プリント配線板の設計においてフリースペースが広がるからである。

30 また、上記多層プリント配線板では、光導波路を形成する場合、該光導波路の位置合わせを光信号伝送用光路を基準として光学的処理や機械的処理により行うことができるため、正確に、かつ、所望の位置に光導波路を形成することができる。

上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されていることが望ましい。光信号伝送用光路が空隙により形成されている場合には、その形成が容易であるとともに、該光信号伝送用光路を介した光信号の伝送において、伝送損失が発生しにくい。なお、上記光信号伝送用光路の構成を空隙とするか否かは、基板の厚さ等を考慮して適宜決定すればよい。

また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙により構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合には、多層プリント配線板の強度の低下を防ぐことができる。

また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物により構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されている場合には、ICチップ実装用基板の強度の低下を防止することができる。

また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されていると、該光信号伝送用光路内にゴミや異物等が入り込むことを防止することができるため、ゴミや異物等の存在に起因して光信号の伝送が阻害されることを防止することができる。

また、上述したような構成の光信号伝送用光路、すなわち、空隙および／または樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路では、熱処理工程や信頼性試験下において、熱等による悪影響（光信号伝送用光路の断面の径が小さくなる等）が発生しにくい。

上記光信号伝送用光路の一部または全部が樹脂組成物で構成されている場合、該樹脂組成物としては、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板において、光信号伝送用光路を構成する樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。

上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。これが、光信号の伝送に最も影響を与えない形状であり、その形成自体も容易だからである。

また、上記光信号伝送用光路の断面の径は、望ましい下限が $100\mu\text{m}$ であり、望ましい上限が $500\mu\text{m}$ である。上記断面の径が $100\mu\text{m}$ 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の少なくとも一部が樹脂組成物から構成されている場合、未硬化の樹脂組成物を充填することが困難である。一方、上記断面の径を $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあ

まり向上せず、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。

より望ましい断面の径は、下限が $250\ \mu\text{m}$ であり、上限が $350\ \mu\text{m}$ である。光信号の伝送性と設計の自由度とがともに優れ、また、未硬化の樹脂組成物を充

5 填する際にも不都合が発生しないからである。

上記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とから構成されていることが望ましい。

また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物とその周囲の導体層とから構成されていることも望ましい。

10 また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とから構成されていることも望ましい。

なお、上記導体層が形成されている場合、該導体層は、樹脂組成物および／または空隙の周囲全体に形成されていてもよいし、周囲の一部にのみ形成されていてもよい。

15 このように、光信号伝送用光路に導体層を形成することにより、光信号伝送用光路の壁面での光の乱反射を低減し、光信号の伝送性を向上させることができる。上記導体層は、1層から形成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。

上記導体層の材料としては、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げ
20 られる。

また、上記導体層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、即ち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

上記導体層の材料としては、ニッケル、貴金属等の光沢を有する金属が望まし
25 い。光沢を有する金属からなる導体層を形成した場合、光信号の損失がより少なく、また、光信号の伝送が阻害されることもより少ないため、光信号は光信号伝送用光路を介して確実に伝送されることとなるからである。

また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。光信号伝送用光路を介して伝送される光信号の種類（波長

等)によっては、光信号伝送用光路の壁面における光の乱反射を抑えることが望ましい場合があり、上記被覆層や上記粗化層を設けて、該壁面における光の乱反射を低減することにより、光信号の伝送性を向上させることができる場合がある。

また、光信号伝送用光路の壁面に上記粗化層等を形成することにより、光信号

5 伝送用光路と基板や層間絶縁層との密着性をより向上させることができる。

また、上記樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路（空隙および樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路のうちの樹脂組成物からなる部分を含む）や上記導体層は、基板や層間絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記

10 光信号伝送用光路等が、粗化面を介して接している場合には、基板や層間絶縁層との密着性に優れ、光信号伝送用光路等の剥離がより発生しにくいからである。

上記多層プリント配線板においては、上記光信号伝送用光路として、受光用光信号伝送用光路と発光用光信号伝送用光路と両方が形成されていてもよいし、どちらか一方のみが形成されていてもよい。従って、上記多層プリント配線板においては、複数の光信号伝送用光路が形成されていてもよい。

15 また、上記多層プリント配線板においては、通信波長ごとに光信号伝送用光路が形成されていてもよい。

上記多層プリント配線板に形成した光信号伝送用光路の端部、特に、ＩＣチップ実装用基板と対向する側の端部には、マイクロレンズが配設されていることが望ましい。光信号の伝送損失をより低減することができるからである。

20 上記マイクロレンズとしては、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板において、光信号伝送用光路の端部に形成するマイクロレンズと同様のもの等が挙げられる。

また、上記多層プリント配線板には、光導波路が形成されていることが望ましい。

25 このような多層プリント配線板では、光信号伝送用光路および光導波路を介して光信号の伝送を行うことができる。

上記光導波路としては、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板に形成される光導波路と同様のもの等が挙げられる。

また、上記光導波路には、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを

構成する多層プリント配線板と同様、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。

また、上記多層プリント配線板は、導体回路、層間絶縁層および上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するビアホールを含んで構成されていてもよい。

- 5 このような構成とすることにより、多層プリント配線板の高密度化をはかることができる。

また、上記多層プリント配線板は、電気信号を伝達するための半田バンプが形成されていることが望ましい。これにより、外部電子部品や外部基板との間で電気信号の伝送を行うことができるからである。

- 10 また、半田バンプが形成されている場合には、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを半田バンプを介して接続することにより、ＩＣチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子と、多層プリント配線板に形成された光導波路とが対向する所定の位置に両者を配置することができる。半田のセルフアライメント作用を利用することができるからである。なお、上記ＩＣチップ実装用基
15 板と上記多層プリント配線板とがPGAやBGAを介して接続されている場合にも同様の効果を得ることができる。

- 以上説明したように、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と、上述したような光信号伝送用光路が形成された多層プリント配線板とからなるものであれば特に限定されないが、受光素子および発光素
20 子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、上記受光素子および発光素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができるよう構成されたものであることが望ましい。

- 第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスの実施形態について、図面を
25 参照しながら説明する。

図４は、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図４では、ＩＣチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

図４に示すように、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイス 1 3 5 0

は、ICチップ1340を実装したICチップ実装用基板1320と多層プリント配線板1300とから構成され、ICチップ実装用基板1320と多層プリント配線板1300とは、半田接続部1341を介して電氣的に接続されている。

ICチップ用実装基板1320は、基板1321の両面に導体回路1324と
5 層間絶縁層1322とが積層形成され、基板1321を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層1322を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール1329およびバイアホール1327により電氣的に接続されている。

また、ICチップ用実装基板1320の最外層には、半田バンプを備えたソルダーレジスト層1334が形成されており、加えて、多層プリント配線板130
10 0と対向する側の最外層は、受光部1338aおよび発光部1339aがそれぞれ露出するように、受光素子1338および発光素子1339を備えている。

多層プリント配線板1300は、基板1301の両面に導体回路1304と層間絶縁層1302とが積層形成され、基板1301を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層1302を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール13
15 09およびバイアホール1307により電氣的に接続されている。

また、多層プリント配線板1300には、基板1301と層間絶縁層1302とソルダーレジスト層1314とを貫通する光信号伝送用光路1361が形成されており、この光信号伝送用光路1361を介して、光導波路1319（1319a、1319b）と受光素子1338や発光素子1339との間で光信号の伝
20 送を行うことができるように構成されている。さらに、この光信号伝送用光路1361は、その壁面の一部に導体層1361bが形成され、その内部の一部に樹脂組成物1361aが充填されている。

多層プリント配線板1300では、光導波路1319が、基板1301を挟んでICチップ実装用基板1320と反対側の最外層の層間絶縁層1302上に形成
25 成されており、光導波路1319は光路変換ミラー1319（1319a、1319b）を備えている。

図4に示す光通信用デバイス1150では、受光素子および発光素子が多層プリント配線板と対向する側の面に実装されることとなる。

なお、図4に示した多層プリント配線板における光導波路の形成位置は、最外

層の層間絶縁層上であるが、第一群の本発明の第四の発明のＩＣチップ実装用基板を構成する多層プリント配線板において、光導波路の形成位置はここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板上であってもよい。

- 5 このような第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスでは、ＩＣチップ実装用基板内、即ち、ＩＣチップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。

また、ＩＣチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田接続部を介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他のＩ
10 Ｃチップ等の電子部品に送られることとなる。

また、このような構成からなる光通信用デバイスでは、ＩＣチップ実装用基板に実装した受光素子および発光素子、ならびに、多層プリント配線板に形成した
15 光導波路に位置ズレが発生しにくいため、光信号の接続信頼性に優れることとなる。

次に、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを製造する方法について説明する。

上記光通信用デバイスを製造する場合もまた、第一群の本発明の第三の発明の
20 光通信用デバイスを製造する場合と同様、まず、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造し、その後、両者を半田等を介して接続することにより製造することができる。

従って、ここでは、まず、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とのそれぞれを製造する方法について説明し、その後、両者を接続する方法について説
25 明する。

上記ＩＣチップ実装用基板を製造する方法としては、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。

なお、上述したように、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構

成する I C チップ実装用基板には、光信号伝送用光路が形成されていなくてもよい。

従って、光信号伝送用光路が形成されていない I C チップ実装用基板を製造する場合には、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造する方法において、（b）の工程を行わず、さらに、（c）の工程において光路用開口の行わずに、必要に応じて、光学素子実装用開口の形成を行えばよい。

また、上記 I C チップ実装用基板を形成する場合、ソルダーレジスト層の形成は、必要に応じて行えばよい。

上記多層プリント配線板を製造する方法としては、下記（1）～（5）の工程を行う方法等を用いることができる。

（1）第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の（a）および（b）の工程と同様の方法を用いて、光路用貫通孔が形成された多層配線板を製造する。

（2）次に、上記多層配線板の層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。該光導波路は、光路用貫通孔を介して、光信号を伝送することができる位置に形成する。

なお、具体的な光導波路の形成方法としては、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する方法の（2）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

また、ここで形成する光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

（3）次に、光導波路を形成した多層配線板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。上記ソルダーレジスト層は、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する方法の（3）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成すればよい。

なお、上記ソルダーレジスト層の形成は必要に応じて行えばよい。

（4）次に、I C チップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口とは、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する方法の（4）の工程

で用いる方法と同様の方法等を用いて形成すればよい。

また、上記光路用開口は、上記（１）の工程で形成した光路用貫通孔に連通するように形成する。

また、この工程では、光路用開口を形成した後、光路用開口内に樹脂組成物を
5 充填してもよい。上記樹脂組成物としては、上記（１）の工程で光路用貫通孔に
充填する樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。この工程で、光路用貫通孔と
光路用開口とに同時に樹脂組成物を充填してもよい。

（５）次に、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層
プリント配線板を製造する方法の（５）および（６）の工程で用いる方法と同様
10 の方法等を用いて、半田パッドや半田バンプ等を形成することにより、第一群の
本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造す
ることができる。

次に、上記した方法で製造したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板と
を接続し、光通信用デバイスを製造する。

15 具体的には、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造する際に
用いた方法と同様の方法を用いて行えばよい。

また、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造する場合と同様、
上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、その対向する面のう
ちどちらか一方にのみ半田バンプが形成されていてもよい。この場合も両者を接
20 続することができるからである。

次に、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスについて説明する。

第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と
多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝
25 送用光路が形成されており、

上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、

上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が
形成されていることを特徴とする。

第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスでは、上記ＩＣチップ実装用

基板に形成された光信号伝送用光路、および、上記多層プリント配線板に形成された光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行うことができる。

第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板としては、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されているものであれば特に限定されず、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板と同様のもの等が挙げられる。このようなＩＣチップ実装用基板を用いることにより、上述した種々の効果を得ることができる。

第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板としては、基板と導体回路とを含んで構成されており、さらに、少なくとも上記基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されたものであれば特に限定されず、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板と同様のもの等が挙げられる。このような多層プリント配線板を用いることにより、上述した種々の効果を得ることができる。

具体的には、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板に光信号伝送用光路が形成されているため、ＩＣチップ実装用基板に光学素子を実装したり、多層プリント配線板に光導波路を形成したりする際に、光学素子の実装位置や光導波路の形成位置の自由度が高まることとなり、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の高密度化をはかることができる。これは、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計において、フリースペースが広がるからである。

また、上記ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板のそれぞれに形成された光信号伝送用光路を基準として、光学的処理や機械的処理により光学素子の実装位置や光導波路の形成位置の位置合わせを行うことができるため、正確に、かつ、所望の位置に光学素子や光導波路を実装することができる。

さらに、上述したような構成の光信号伝送用光路は、熱処理工程や信頼性試験下において、熱等による悪影響が発生しにくい。

第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスの実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図5は、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図5では、ICチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

図5に示すように、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイス1450は、ICチップ1440を実装したICチップ実装用基板1420と多層プリント配線板1400とから構成され、ICチップ実装用基板1420と多層プリント配線板1400とは、半田接続部1441を介して電氣的に接続されている。

また、光通信用デバイス1450では、ICチップ実装用基板1420に、これを貫通する光信号伝送用光路1451が形成されており、この光信号伝送用光路1451は、その壁面の一部に導体層1451bが形成されており、さらに、その内部の一部には樹脂組成物1451aが充填されている。このICチップ実装用基板1420の構成は、図3に示したICチップ実装用基板1220の構成と同一である。

また、多層プリント配線板1400には、基板1401と層間絶縁層1402とソルダーレジスト層1414とを貫通する光信号伝送用光路1461が形成されており、この光信号伝送用光路1461を介して、光導波路1419と受光素子1438や発光素子1439との間で光信号の伝送を行うことができるように構成されている。この光信号伝送用光路1461は、その壁面の一部に導体層1461bが形成されており、さらに、その内部の一部には樹脂組成物1461aが充填されている。この多層プリント配線板1400の構成は、図4に示した多層プリント配線板1300の構成と同一である。

この光通信用デバイス1450では、受光素子1438や発光素子1439と光導波路1419とが、ICチップ実装用基板1420に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路1451と、多層プリント配線板1400に形成された基板1401と層間絶縁層1402とソルダーレジスト層1414とを貫通する光信号伝送用光路1461とを介して光信号の伝送を行うことができる。

また、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスの実施形態は、図5に示す形態に限定されるものではなく、図6、7に示すような形態であってもよい。

また、図6に示すICチップ実装用基板1550では、受光素子1538がI

Cチップ実装用基板1520の多層プリント配線板1500と対向する側の面に実装されており、発光素子1539が多層プリント配線板1500と対向する側の面と反対側の面に実装されている。

また、発光素子1539が多層プリント配線板1500に形成された光導波路との間で光信号の伝送を行うことができるように、ICチップ実装用基板1520を貫通する光信号伝送用光路1551が形成されている。光信号伝送用光路1551は、その壁面の一部に導体層1551bが形成され、その内部の一部に樹脂組成物1551aが充填されている。

また、多層プリント配線板1500には、光導波路が形成されており、受光素子1538との間で光信号を伝送するための光導波路1518aが、基板1501を挟んでICチップ実装用基板1520に近い側の最外層の層間絶縁層1502上に形成されており、発光素子1539との間で光信号を伝送するための光導波路1518bは、基板1501を挟んでICチップ実装用基板1520と反対側の最外層の層間絶縁層1502上に形成されている。さらに、多層プリント配線板1500には、発光素子1539と光導波路1518bとの間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路1561が形成されている。光信号伝送用光路1561は、基板1501と層間絶縁層1502とソルダーレジスト層1514とを貫通するように形成されており、その壁面の一部には導体層1561bが形成され、その内部の一部には樹脂組成物1561aが充填されている。

この光通信用デバイス1550では、発光素子1539と光導波路1519bとが、ICチップ実装用基板1520に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路1551と、多層プリント配線板1500に形成された基板1501と層間絶縁層1502とソルダーレジスト層1514とを貫通する光信号伝送用光路1561とを介して光信号の伝送を行うことができる。

なお、受光素子1538と光導波路1519aとは、多層プリント配線板1500のソルダーレジスト層に形成された光路用開口1511aを介して光信号を伝送することができる。

また、図7に示す光通信用デバイス1650では、ICチップ実装用基板1620の多層プリント配線板1600と対向する側の面と反対側の面に受光素子1

638が実装されており、発光素子1639が多層プリント配線板1600と対向する側の面に実装されている。

また、受光素子1638が多層プリント配線板1600に形成された光導波路1618aとの間で光信号の伝送を行うことができるように、ICチップ実装用
5 基板1620を貫通する光信号伝送用光路1651が形成されている。この光信号伝送用光路1651は、その壁面の一部に導体層1651bが形成されており、その内部の一部に樹脂組成物1651aが充填されている。

また、多層プリント配線板1600には、光導波路1619が形成されており、受光素子1638との間で光信号を伝送するための光導波路1618aは、基板
10 1601を挟んでICチップ実装用基板1620に近い側の最外層の層間絶縁層上に形成されており、発光素子1639との間で光信号を伝送するための光導波路1618bは、基板1601を挟んでICチップ実装用基板1620と反対側の最外層の層間絶縁層上に形成されている。さらに、多層プリント配線板1600には、発光素子1639と光導波路1618bとの間で光信号を伝送するための
15 光信号伝送用光路1651が形成されている。光信号伝送用光路1661は、基板1601と層間絶縁層1602とソルダーレジスト層1614とを貫通するように形成されており、その壁面の一部には導体層1661bが形成され、その内部の一部には樹脂組成物1661aが充填されている。

この光通信用デバイス1650では、発光素子1639と光導波路1619b
20 とが、多層プリント配線板1600に形成された基板1601と層間絶縁層1602とソルダーレジスト層1614を貫通する光信号伝送用光路1661を介して光信号の伝送を行うことができる。

また、受光素子1638と光導波路1619aとは、ICチップ実装用基板1620に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路1651を介して光信号
25 を伝送することができる。

なお、上述したように、第一群の本発明の第五の発明のICチップ実装用基板の実施形態は、図5～7に示した形態に限定されるわけではなく、受光素子や発光素子の実装位置、光導波路の形成位置、光信号伝送用光路を形成するか否かを適宜選択して組み合わせた形態であればよい。

なお、図 5 ～ 7 に示した多層プリント配線板における光導波路の形成位置は、最外層の層間絶縁層上であるが、第一群の本発明の第五の発明の I C チップ実装用基板を構成する多層プリント配線板において、光導波路の形成位置はここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板上であつてもよい。

このような第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスでは、I C チップ実装用基板内、即ち、I C チップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。

また、I C チップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田接続部を介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他の I C チップ等の電子部品に送られることとなる。

また、このような構成からなる光通信用デバイスでは、I C チップ実装用基板に実装した受光素子および発光素子、ならびに、多層プリント配線板に形成した光導波路に位置ズレが発生しにくいため、光信号の接続信頼性に優れることとなる。

なお、図 3 ～ 7 に示した光通信用デバイスに形成された光信号伝送用光路は、その壁面に導体層が形成され、その内部に樹脂組成物が充填されているが、これらの導体層の形成や樹脂組成物の充填は必要に応じて形成すればよい。

次に、第一群の本発明の第五の発明の光通信用デバイスを製造する方法について説明する。

上記光通信用デバイスを製造する場合もまた、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造する場合と同様、まず、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造し、その後、両者を半田等を介して接続することにより製造することができる。

従って、ここでは、まず、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とのそれぞれを製造する方法について説明し、その後、両者を接続する方法について説明する。

上記 I C チップ実装用基板を製造する方法としては、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成する I C チップ実装用基板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。

上記 I C チップ実装用基板を形成する場合、ソルダーレジスト層の形成は、必要に応じて行えばよい。

上記多層プリント配線板を製造する方法としては、第一群の本発明の第四の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。

上記多層プリント配線板を形成する場合、ソルダーレジスト層の形成は、必要に応じて行えばよい。

次に、上記した方法で製造した I C チップ実装用基板と多層プリント配線板と接続し、光通信用デバイスを製造する。

具体的には、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造する際に用いた方法と同様の方法等を用いて行えばよい。

また、第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを製造する場合と同様、上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、その対向する面のうちどちらか一方にのみ半田バンプが形成されていてもよい。この場合も両者を接続することができるからである。

なお、第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスに実装される I C チップは、ワイヤボンディングにより実装されるものであってもよいし、フリップチップ接続により実装されるものであってもよいが、フリップチップ接続により実装されるものであることが望ましい。

次に、第二群の本発明について説明する。

第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、少なくとも光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、

上記光導波路と、上記光学素子とが光信号を伝達することができるように構成されている光通信用デバイスであって、

上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形

成されていることを特徴とする。

第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、所定の位置に光学素子が実装された I Cチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、

5 光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

また、上記光通信用デバイスでは、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

また、上記 I Cチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間には、封止樹脂層が形成されているため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがない。

さらに、上記封止樹脂層が、上記 I Cチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができるため、 I Cチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する半田
15 バンプ付近での破断等を防止することができる。また、上記封止樹脂層を形成することにより、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくく、光学素子と光導波路との間での光信号の伝送も阻害されない。

従って、このような点からも第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは信頼性に優れることとなる。

20 また、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記 I Cチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、半田バンプを介して電氣的に接続されていることが望ましい。半田が有するセルフアライメント作用により両者をより確実に所定の位置に配置することができるからである。

このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記
25 多層プリント配線板上に、上記 I Cチップ実装用基板を接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記 I Cチップ実装用基板が移動し、該 I Cチップ実装用基板を上記多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。

従って、上記 I Cチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とのそれぞれに、

受光素子や発光素子、光導波路等の光学部品を正確な位置に取り付けておけば、半田バンプを介して上記多層プリント配線板上に、上記 IC チップ実装用基板を接続することにより接続信頼性に優れる光通信用デバイスを製造することができる。

- 5 以下、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。

図 1 4 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 1 4 には、IC チップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

- 10 図 1 4 に示すように、光通信用デバイス 2 1 5 0 は、IC チップ 2 1 4 0 を実装した IC チップ実装用基板 2 1 2 0 と多層プリント配線板 2 1 0 0 とから構成され、IC チップ実装用基板 2 1 2 0 と多層プリント配線板 2 1 0 0 とは、半田接続部 2 1 3 7 を介して電氣的に接続されている。

- 15 また、IC チップ実装用基板 2 1 2 0 と多層プリント配線板 2 1 0 0 との間には、封止樹脂層 2 1 6 0 が形成されている。

IC チップ用実装基板 2 1 2 0 は、基板 2 1 2 1 の両面に導体回路 2 1 2 4 と層間絶縁層 2 1 2 2 とが積層形成され、基板 2 1 2 1 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 2 1 2 2 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 2 1 2 9 およびバイアホール 2 1 2 7 により電氣的に接続されている。

- 20 また、IC チップ用実装基板 2 1 2 0 の一方の最外層には、IC チップを実装するための半田バンプを備えたソルダーレジスト層 2 1 3 4 が形成されており、IC チップ実装用基板 2 1 2 0 の他方の最外層（多層プリント配線板 2 1 0 0 と対向するソルダーレジスト層）の一部には、ワイヤボンディング型の受光素子 2 1 3 8 および発光素子 2 1 3 9 のそれぞれが収納、固定され、さらに、IC チップ実装用基板に形成された導体層 2 1 4 2 との間でワイヤ 2 1 4 6 により電氣的に接続されている。なお、受光素子 2 1 3 8 および発光素子 2 1 3 9 の固定は、ダイボンディング用樹脂（図示せず）により行われている。

また、ソルダーレジスト層 2 1 3 4 に収納された受光素子 2 1 3 8 および発光素子 2 1 3 9 のそれぞれは、その周囲が樹脂 2 1 4 7 により封止されている。

多層プリント配線板 2100 は、基板 2101 の両面に導体回路 2104 と層間絶縁層 2102 とが積層形成され、基板 2101 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 2102 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 2109 およびバイアホール 2107 により電氣的に接続されている。

- 5 また、多層プリント配線板 2100 の IC チップ用実装基板 2120 と対向する側の最外層には、その内部に光路用樹脂層 2108 が形成された光路用開口 2111 と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層 2114 が形成され、光路用開口 2111 (2111a、2111b) 直下には、光路変換ミラー 2119 (2119a、2119b) を備えた光導波路 2118 (2118a、2118b)
- 10) が形成されている。

- このような構成からなる光通信用デバイス 2150 では、光ファイバ等 (図示せず) を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路 2118a に導入され、光路変換ミラー 2119a、光路用開口 2111a および封止樹脂層 2160 を介して受光素子 2138 (受光部 2138a) に送られた後、受光素子 2138
- 15 で電気信号に変換され、さらに、導電層 2142、導体回路 2124、バイアホール 2127、スルーホール 2129 および半田接続部 2143 を介して IC チップ 2140 に送られることとなる。

- また、IC チップ 2140 から送り出された電気信号は、半田接続部 2143、導体回路 2124、バイアホール 2127、スルーホール 2129 および導電層
- 20 2142 を介して発光素子 2139 に送られた後、発光素子 2139 で光信号に変換され、この光信号が発光素子 2139 (発光部 2139a) から封止樹脂層 2160、光路用開口 2111b および光路変換ミラー 2119b を介して光導波路 2118b に導入され、さらに、光ファイバ等 (図示せず) を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

- 25 このような第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスでは、IC チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されているため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがない。

また、上記光通信用デバイスでは、IC チップ実装用基板内、すなわち、IC

チップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。

また、ＩＣチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他のＩＣチップ等の電子部品に送られることとなる。

また、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの実施形態は、図１４に示した形態に限定されるわけではなく、図１５や図１６に示す形態を有するものであってもよい。

図１５は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図であり、図１６は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図である。

図１５に示す光通信用デバイスは、図１４に示した光通信用デバイスとその構造が略同一であり、光学素子（受光素子および発光素子）をＩＣチップ実装用基板に固定する形態のみが異なる。

すなわち、図１４に示す光通信用デバイス２１５０では、光学素子がダイボンディング用樹脂により固定されているのに対し、図１５に示す光通信用デバイス２２５０では、受光素子２２３８および発光素子２２３９が、それぞれ半田２２４４により固定されている。なお、半田２２４４は、光学素子を固定する役割のみを果たしているものであり、光学素子の電氣的な接続はワイヤ２２４６により行われている。

このように、図１５に示す光通信用デバイス２２５０は、光学素子をＩＣチップ実装用基板に固定する形態が図１４に示した光通信用デバイス２１５０と異なるのみで、その他の構造は光通信用デバイス２１５０と同様である。

図１６に示す光通信用デバイスは、図１４に示した光通信用デバイスとその構造が略同一であり、光学素子（受光素子および発光素子）の実装形態のみが異なる。

すなわち、図１４に示す光通信用デバイス２１５０では、光学素子としてワイ

ヤボンディング型の光学素子が用いられ、該光学素子がダイボンディング用樹脂により固定されている。これに対し、図 1 6 に示す光通信用デバイス 2 3 5 0 では、受光素子 2 3 3 8 および発光素子 2 3 3 9 としてフリップチップ型のものが用いられ、受光素子 2 3 3 8 および発光素子 2 3 3 9 の固定と電気的な接続とが
5 ともに、半田 2 3 4 4 により行われている。

また、光通信用デバイス 2 3 5 0 では、受光素子 2 3 3 8 および発光素子 2 3 3 9 の底面（受光部および発光部を有する面と反対側の面）とソルダーレジスト層 2 3 3 4 との間隙もまた樹脂封止されている。

このように、図 1 6 示す光通信用デバイス 2 3 5 0 は、光学素子の実装形態が
10 図 1 4 に示した光通信用デバイス 2 1 5 0 と異なるのみで、その他の構造は光通信用デバイス 2 1 5 0 と同様である。

さらに、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、図 2 7、図 2 8 に示す形態を有するものであってもよい。図 2 7 は、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図であり、図 2 8 は、第二
15 群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図である。

図 2 7 に示す光通信用デバイスは、図 1 4 に示した光通信用デバイスと比べて、光学素子（受光素子および発光素子）の実装位置が異なり、さらに、該光学素子と光導波路との間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路が形成されている
20 点が異なる。

すなわち、図 1 4 に示す光通信用デバイス 2 1 5 0 では、光学素子が I C チップ実装用基板 2 1 2 0 の多層プリント配線板 2 1 0 0 と対向する側の面に実装されているのに対し、図 2 7 に示す光通信用デバイス 2 4 5 0 では、受光素子 2 4 3 8 および発光素子 2 4 3 9 が、I C チップ実装用基板 2 4 2 0 の多層プリント
25 配線板 2 4 0 0 に対向する側と基板を挟んで反対側の面に実装されている。なお、受光素子 2 4 3 8 および発光素子 2 4 3 9 は半田を介して I C チップ実装用基板に実装されている。

また、I C チップ実装用基板 2 4 2 0 には、受光素子 2 4 3 8 および発光素子 2 4 3 9 のそれぞれと光導波路 2 4 1 8 との間で光信号の伝送を行うための光信

号伝送用光路 2441 が形成されている。光信号伝送用光路 2441 は、その内部に光路用樹脂層 2442 が形成されるとともに、その壁面に導体層 2445 が形成されている。

さらに、受光素子 2 4 3 8 および発光素子 2 4 3 9 のそれぞれの下面と、ソルダーレジスト層 2 4 3 4 との間は、樹脂 2 4 4 7 により封止されている。

このような構成を有する光通信用デバイス 2450 では、光学素子（受光素子 2438 および発光素子 2439）と、光導波路 2118 との間で、光信号伝送用光路 2441 を介して光信号の伝送を行うことができる。

このように、図 27 に示す光通信用デバイス 2450 は、光学素子の実装位置
10 と、光信号伝送用光路が形成されている点とが、図 14 に示した光通信用デバイス 2150 と異なるのみで、その他の構造は光通信用デバイス 2150 と同様である。

図 28 に示す光通信用デバイスは、図 16 に示した光通信用デバイスと比べて、光導波路の形成位置が異なり、さらに、基板、層間絶縁層および片側のソルダーレジスト層を貫通する信号伝送用光路が多層プリント配線板に形成されている点
15 が異なる。

すなわち、図 16 に示す光通信デバイス 2350 を構成する多層プリント配線板 2300 では、光導波路 2318 が IC チップ実装用基板 2320 と対向する側の最外層の層間絶縁層上に形成されている。これに対し、図 28 に示す多層
20 プリント配線板 2500 では、IC チップ実装用基板 2520 に対向する側と基板を挟んで反対側の最外層の層間絶縁層上に光導波路 2518 が形成されている。

さらに、多層プリント配線板 2500 においては、基板 2501、層間絶縁層 2502 および IC チップ実装用基板 2520 と対向する側のソルダーレジスト層 2514 を貫通する光信号伝送用光路 2551 が形成されている。なお、光信号伝送用光路 2551 は、その内部に光路用樹脂層 2552 が形成され、その壁面に導体層 2555 が形成されている。

このような構成からなる光通信用デバイス 2550 では、多層プリント配線板 2500 に形成された光信号伝送用光路 2551 を介して光信号の伝送を行うことができる。

このように、図 28 に示す光通信用デバイス 2550 は、光導波路の形成位置と、光信号伝送用光路が形成されている点とが、図 16 に示した光通信用デバイス 2350 と異なるのみで、その他の構造は光通信用デバイス 350 と同様である。

- 5 このように、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおける光導波路の形成位置は、図 14 等 に示す多層プリント配線板のように、IC チップ実装用基板と対向する側の最外層の層間絶縁層上であってもよいし、図 28 に示す多層プリント配線板のように、IC チップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上であってもよい。さらに、上記光導波路の形成位置は、これらに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、
- 10 基板と層間絶縁層との間であってもよい。

- また、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、多層プリント配線板に接続される IC チップ実装用基板の数は、1 個に限定されず、複数個であってもよい。多層プリント配線板に接続される IC チップ実装用基板は、複
- 15 数の IC チップ実装用基板が積み重ねられたものであってもよい。

次に、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの構成部材等について説明する。

第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、上述したように IC チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている。

- 20 上記封止樹脂層としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光化された樹脂、紫外線硬化型樹脂等が挙げられる。これらのなかで、熱硬化性樹脂が望ましい。確実に硬化させることが容易だからである。

- 具体的には、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化 PMMA、重
- 25 水素フッ素化 PMMA 等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV 硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

また、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が 70 % / mm 以上であることが望ましい。

通信波長光の透過率が70%/mm未満では、光信号の損失が大きく、光通信デバイス信頼性の低下に繋がることからである。上記透過率が、90%/mm以上であることがより望ましい。

特に、上記封止樹脂層が上述した樹脂成分のみからなる場合には、その透過率は、90%/mm以上であることが望ましく、後述するように、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、その透過率は、70%/mm以上であることが望ましい。

なお、本明細書において、通信波長光の透過率とは、長さ1mmあたりの通信波長光の透過率をいう。具体的には、強さ I_1 の光が上記封止樹脂層に入射し、
10 該封止樹脂層を1mm通過して出てきたとした際に、出てきた光の強さが I_2 である場合に下記式(1)により算出される値である。

$$\text{透過率}(\%/mm) = (I_2 / I_1) \times 100 \cdots (1)$$

なお、上記透過率とは、25～30℃で測定した透過率をいう。

また、上記封止樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれて
15 いることが望ましい。

粒子を含ませることにより、上記ICチップ実装用基板や上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。

なお、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる第二群の本発明
20 の第一の発明の光通信デバイスにおいて、その構成部材の熱膨張係数(z軸方向)は、基板が $5.0 \times 10^{-5} \sim 6.0 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度、層間絶縁層が $6.0 \times 10^{-5} \sim 8.0 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度、粒子が $0.1 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度、封止樹脂層が $0.1 \times 10^{-5} \sim 100 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度、粒子が配合された封止樹脂層が $3.0 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度、
25 ICチップやシリコン、ゲルマニウム等を材料とする光学素子が $0.5 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度、導体回路が $1.0 \times 10^{-5} \sim 2.0 \times 10^{-5}$ (／℃) 程度である。なお、上記熱膨張係数の測定温度は20℃である。

このように、封止樹脂層に粒子が配合されていると、該封止樹脂層と光通信デバイスを構成する他の構成部材との熱膨張係数の差が小さくなる。そのため、

応力が緩和されることとなる。

また、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

- また、上記封止樹脂層に粒子を配合する場合、該封止樹脂層の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、封止樹脂層に粒子を配合する場合には、屈折率の異なる２種類以上の粒子を混ぜ合わせて、粒子の屈折率が樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。

- 具体的には、樹脂成分が屈折率 1.53 のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が 1.54 のシリカ粒子と屈折率が 1.52 のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

なお、粒子を混ぜ合わせる方法としては、混練する方法、２種類以上の粒子を溶かして混ぜ合わせた後、粒子状にする方法等が挙げられる。

- 上記樹脂粒子としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。

- 具体的には、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。

- また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものを用いることもできる。

また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

また、上記無機粒子としては、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリ

ウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。また、シリカとチタニアとを一定の割合で混ぜ、熔融させて均一化したものを用いてもよい。

- 5 また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

上記金属粒子としては、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、白金、鉄、亜鉛、鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。

- 10 これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子は、単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。また、上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

- 15 また、上記粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、封止樹脂層にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、該粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

- 20 上記粒子の粒径は、波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

- 上記粒径は、その下限が0.01 μm で、上限が0.8 μm であることがより望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて、樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を調製することが困難になることがあるからである。なお、封止樹脂層を形成する際に調製する樹脂組成物の粘度は、20～100 c p s (m P · s) が望ましい。
- 25

上記粒径は、その下限が0.1 μm で、その上限が0.8 μm であることがさらに望ましい。粒径がこの範囲にあると、ICチップ実装用基板と多層プリント

配線板との間に樹脂が確実に充填されることとなる。また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

- 上記粒径は、その下限が $0.2 \mu\text{m}$ で、その上限が $0.6 \mu\text{m}$ であることが特に望ましい。この範囲であれば、特に樹脂組成物を充填しやすく、また、形成した封止樹脂層ごとのバラツキが最も小さくなり、光通信用デバイスの特性に特に優れることとなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでいてもよい。

- 上記封止樹脂層に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は20重量%であり、より望ましい下限は30重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は70重量%であり、より望ましい上限は60重量%である。粒子の配合量が20重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が70重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

- 15 なお、上記封止樹脂層の組成は、光信号の伝送損失、耐熱性、曲げ強度等の信頼性に影響を及ぼすため、その具体的な組成は、封止樹脂層が光信号の低損失性、優れた耐熱性や耐クラック性を満たすように適宜選択すれば良い。

- 20 なお、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記封止樹脂層は、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域のうち、光信号の光路に該当しない領域にのみ封止樹脂層が形成されていてもよい。具体的には、例えば、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域の外周付近にのみ封止樹脂層が形成されていてもよい。

- 25 光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことを防止するという第二群の本発明の効果を得ることができるとともに、光路信号の光路が空気により構成されることとなるため、封止樹脂層により光信号の伝送が阻害されるおそれがなくなり、封止樹脂層の材料の選択性がより広がることとなるからである。

また、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、光学素子（受光素子、発光素子）が実装されている。

上記受光素子や発光素子の具体例としては、第一群の本発明の第一の発明の I Cチップ実装用基板に実装される受光素子や発光素子と同様のもの等が挙げられる。

5 なお、上記光学素子（受光素子や発光素子）は、I Cチップ実装用基板に実装する際に、ワイヤボンディングにより電氣的に接続されるものであってもよいし、フリップチップボンディングにより電氣的に接続されるものであってもよい。

10 また、上記光学素子がワイヤボンディングにより電氣的に接続されるものである場合、該光学素子は、I Cチップ実装用基板にダイボンディング用樹脂を用いて固定されるものであってもよいし、半田を用いて固定されるものであってもよい。

15 また、図示したように、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、I Cチップ実装用基板に実装された光学素子は、その周囲が樹脂封止されていることが望ましく、該樹脂封止は、封止樹脂層の材質と同様の材質のもので行われていることが望ましい。従って、上記光学素子の周囲を封止する樹脂には、粒子が配合されていてもよく、また、その透過率は、粒子が配合されている場合には70%/mm以上であることが望ましく、樹脂成分のみからなる場合には、90%/mm以上であることが望ましい。

20 また、上記光学素子がフリップチップボンディングにより電氣的に接続されるものである場合には、該光学素子と溶剤レジスト層や光路用樹脂層との間も樹脂封止されていることが望ましい。

25 また、図示した光通信用デバイスにおけるI Cチップ実装用基板では、光学素子（受光素子および発光素子）が、溶剤レジスト層に埋設されるように実装され、かつ、その周囲が樹脂封止されているが、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するI Cチップ実装用基板では、必ずしも光学素子全体が溶剤レジスト層に埋設されるように実装されている必要はなく、その一部が溶剤レジスト層に埋設されるよう実装されていてもよく、その全体が溶剤レジスト層に埋設されることなく、溶剤レジスト層の表面に実装されていてもよい。

 なお、その一部が埋設されるように実装されている場合や、その全体が溶剤

ーレジスト層に埋設されることなく実装されている場合もまた、光学素子の周囲は樹脂封止されていてもよい。

また、上記 IC チップ実装用基板は、電気信号を伝達するための半田バンプが形成されていることが望ましい。これにより、外部電子部品との間で電気信号の
5 伝送を行うことができるからである。

第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されている。

上記光導波路としては、ポリマー材料等からなる有機系光導波路、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路等が挙げられる。これらのなかでは、ポ
10 リマー材料等からなる有機系光導波路が望ましい。層間絶縁層との密着性に優れ、加工が容易で、低コストだからである。

上記ポリマー材料としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体、感光性樹脂と熱可
15 塑性樹脂との複合体等が挙げられる。

具体的には、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテンから
20 製造されるポリマー等が挙げられる。

また、上記光導波路がマルチモードの光導波路である場合、その材料は、アクリル樹脂やエポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂であることが望ましく、上記光導波路がシングルモードの光導波路である場合、その材料は、ポリイミド樹脂やシリコーン樹脂、シロキサン樹脂であることが望ましい。

また、上記光導波路のコアの厚さは1～100 μm が望ましく、その幅は1～100 μm が望ましい。上記幅が1 μm 未満では、その形成が容易でないことがあり、一方、上記幅が100 μm を超えると、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

また、上記光導波路のコアの厚さと幅との比は、1：1に近いほうが望ましい。

これは、通常、上記受光素子の受光部や上記発光素子の発光部の平面形状が円形状だからである。なお、上記厚さと幅との比は特に限定されるものではなく、通常、約1:2～約2:1程度であればよい。

さらに、上記光導波路が通信波長1.31 μm または1.55 μm のシングルモードの光導波路である場合には、そのコアの厚さおよび幅は5～15 μm であることがより望ましく、10 μm 程度であることが特に望ましい。また、上記光導波路が通信波長0.85 μm でマルチモードの光導波路である場合には、そのコアの厚さおよび幅は20～80 μm であることがより望ましく、50 μm 程度であることが特に望ましい。

10 上記光導波路には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。

光導波路に粒子を配合することにより、光導波路にクラックが発生しにくくなるからである。即ち、光導波路に粒子が配合されていない場合には、光導波路と他の層（基板や層間絶縁層等）との熱膨張係数が異なることに起因して光導波路にクラックが発生することがあるが、光導波路に粒子を配合して熱膨張係数を調整することにより、上記他の層との熱膨張係数の差を小さくした場合には、光導波路にクラックが発生しにくくなるからである。

上記粒子の具体例としては、上記第一群の本発明の第三の発明の光通信用デバイスを構成する光導波路に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

20 また、上記粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、上記粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

上記粒径は、その下限が0.01 μm で、上限が0.8 μm であることがより望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて、

樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を調製することが困難になることがあるからである。

上記粒径は、その下限が0.1 μm で、その上限が0.8 μm であることがさらに望ましい。この範囲にあると、スピンコート、ロールコート等を用いて樹脂組成物を塗布するの適しており、また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

上記粒径は、その下限が0.2 μm で、その上限が0.6 μm であることが特に望ましい。この範囲が、樹脂組成物の塗布、光導波路のコアの形成に特に適している。さらに、形成した光導波路ごとのバラツキ、特に、コアのバラツキが最も小さくなり、光通信用デバイスの特性に特に優れることとなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子が含まれていてもよい。また、上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

上記光導波路に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であることから、シート状が望ましい。

また、上記光導波路がコアとクラッドとから構成されているものである場合、上記粒子は、コアとクラッドとの両方に配合されていてもよいが、コアには粒子が配合されておらず、該コアの周囲を覆うクラッドにのみ粒子が配合されていることが望ましい。その理由は以下のとおりである。

すなわち、光導波路に粒子を配合する場合、該粒子と光導波路の樹脂成分との密着性によっては、粒子と樹脂成分との界面に空気層が生じてしまうことがあり、

この場合には、この空気層により光の屈折方向が変わり、光導波路の伝送損失が大きくなることがあるのに対し、クラッドにのみ粒子が配合を配合した場合には、上述したような粒子を配合することにより、光導波路の伝送損失が大きくなるというような問題が発生することがないとともに、光導波路でクラックが発生しにくくなるからである。

また、上記光導波路としては、受光用光導波路と発光用光導波路とが形成されていることが望ましい。なお、上記受光用光導波路とは、光ファイバ等を介して外部から送られてきた光信号を受光素子へ伝送するための光導波路をいい、上記発光用光導波路とは、発光素子から送られてきた光信号を光ファイバ等へ伝送するための光導波路をいう。

また、上記受光用光導波路と上記発光用光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。熱膨張係数等の整合がはかりやすく、形成が容易であるからである。

上記光導波路には、上述したように、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能だからである。また、光導波路に光路変換ミラーを形成する代わりに、光導波路の端部の先に、光路変換部が形成された部材を配置してもよい。

上記光路変換ミラーの形成は、光導波路の一端を切削することにより行うことができる。

また、図示した光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板においては、最外層の層間絶縁層上に光導波路が形成され、さらに、この層間絶縁層および光導波路を覆うようにソルダーレジスト層が形成されているが、このソルダーレジスト層は、必ずしも形成されている必要はなく、最外層の層間絶縁層上全体に光導波路が形成され、この光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たしているともよい。

また、上記ICチップ実装用基板において、図27に示すように、光学素子がICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する面と基板を挟んだ反対側の面に実装されている場合には、該ICチップ実装用基板には、光信号伝送用光路が形成されている。従って、この光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行

うことができる。

上記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。このように光路用樹脂層が形成されていることは、上記封止樹脂層を形成するのに適しているとともに、上記光信号伝送用光路内にゴミや異物等がより

5 入り込みにくいからである。

さらに、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、ICチップ実装用基板の強度もより優れたものとなる。

上記光路用樹脂層の樹脂成分は、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、具体例としては、上記封止樹脂層に用いる樹脂と同様のもの等が

10 挙げられる。

また、上記光路用樹脂層には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間絶縁層、ソルダーレジスト層等の間で熱膨張係数の整合を図ることができる。

15 上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。これが、光信号の伝送に最も影響を与えない形状であり、その形成自体も容易だから

20 である。

また、上記光信号伝送用光路の断面の径の望ましい下限は、 $100\mu\text{m}$ である。上記断面の径が $100\mu\text{m}$ 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層を形成することが困難になることがあるからである。一方、上記断面の径の望ましい上限は、 $500\mu\text{m}$ である。

25 $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、ICチップ実装用基板に形成する導体回路の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。

上記断面の径は、光信号の伝送性と設計の自由度とがともにより優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないという点から、そ

のより望ましい下限が $250\ \mu\text{m}$ であり、より望ましい上限が $350\ \mu\text{m}$ である。

なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

- 5 上記光信号伝送用光路は、その壁面に導体層が形成されていることが望ましく、上記導体層は、1層から構成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。

上記導体層の材料としては、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げられる。

- 10 また、上記導体層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、すなわち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

また、上記導体層の材料は、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等の光沢を有する金属であってもよい。このような光沢を有する金属を用いて

- 15 形成された導体層では、光信号が好適に反射することとなる。

また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。上記被覆層や粗化層を設けることにより、光路用樹脂層の密着性を向上させたりすることができる。

- 20 また、上記光信号伝送用光路の内部に、導体層や光路用樹脂層が形成されている場合、これらは、基板や層間絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記導体層が粗化面を介して接している場合には、基板や層間絶縁層との密着性に優れ、導体層等の剥離がより発生しにくくなるからである。

- 25 このような構成からなる第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、後述する第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法等により製造することができる。

次に、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。

第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法は、少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された

多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記 IC チップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記 IC チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、IC チップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることのない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

また、IC チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記 IC チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、まず、IC チップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造する。

従って、ここでは、まず、IC チップ実装用基板の製造方法と、多層プリント配線板の製造方法とを別々に説明し、その後、封止樹脂層を形成する方法について説明することとする。

まず、IC チップ実装用基板の製造方法について説明する。

(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

具体的には、第一群の本発明の第二の発明の IC チップ実装用基板の製造方法の (a) の (1) の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができ、これにより導体回路を形成することができる。また、この工程では、第一群の本発明

の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法の (a) の (1) の工程同様、スルーホールを形成してもよい。

(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

上記粗化形成処理としては、第一群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用
5 基板の製造方法の (a) の (2) の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。また、この粗化形成処理は、スルーホールの壁面にも行ってもよい。

(3) 次に、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる
10 樹脂層を形成する。

これらの樹脂層の形成は、第一群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法の (a) の (3) の工程で用いる方法と同様の方法等により行うことができる。

(4) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間絶縁層を
15 形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用貫通孔を形成してもよい。

上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成
20 してもよい。

また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。

25 また、この工程でスルーホール用貫通孔を形成する場合、該貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

上記レーザ処理に使用するレーザとしては、第一群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法の (a) の (4) の工程で用いるレーザと同様のもの等を用いることができる。

(5) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に、導体回路を形成する。

導体回路を形成するにあたっては、まず、層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

- 5 上記薄膜導体層は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の (a) の (5) の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成することができる。

また、本工程では、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の (a) の (5) の工程と同様、上記薄膜導体層を形成する前に、層間絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。

また、上記 (4) の工程でスルーホール用貫通孔を形成した場合には、層間絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

- 15 (6) 次いで、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成する。上記めっきレジストは、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の (a) の (6) の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成することができる。

- 20 (7) 薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の薄膜導体層とを除去することにより導体回路 (バイアホールを含む) を形成する。

上記電気めっき層の形成および上記薄膜導体層等の除去は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の (a) の (7) の工程で用いる方法と同様の方法等により行うことができる。

- 25 なお、ここに記載した導体回路の形成方法は、アディティブ法であるが、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における導体回路の形成方法は、アディティブ法に限定されるわけではなく、サブトラクティブ法であってもよい。

以下、サブトラクティブ法により導体回路を形成する方法について簡単に説明する。

すなわち、まず、バイアホール用開口を有する層間絶縁層を形成した後、さらに、上記（５）の工程と同様にして、バイアホール用開口の壁面を含む層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

- 次に、上記薄膜導体層上の全面に電気めっき層等を形成することより、導体層
5 の厚さを厚くする。なお、電気めっき層等の形成は、必要に応じて行えばよい。

次いで、上記導体層上にエッチングレジストを形成する。

上記エッチングレジストは、感光性ドライフィルムを張り付けた後、該感光性ドライフィルム上にフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すこと等により形成する。

- 10 さらに、上記エッチングレジスト非形成部下の導体層をエッチング処理により除去し、その後、エッチングレジストを剥離することにより層間絶縁層上に独立した導体回路（バイアホールを含む）を形成する。

- なお、上記エッチング処理は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行うことができ、エッチングレジストの剥離は、アルカリ水溶液等を用いて行うことができる。
- 15

このような方法を用いた場合にも、層間絶縁層上に導体回路を形成することができる。

- なお、導体回路の形成方法として、アディティブ法を選択するか、サブトラク
20 ティブ法を選択するかは、導体回路の幅や間隔、実装するＩＣチップや光学素子、その他の各種電子部品等の接続端子の数やピッチ等を考慮して適宜選択すればよい。

また、上記（４）および（５）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。

- 25 また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合には、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

（８）次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、必要に応じて、（３）～（７）の工程を繰り返

すことにより、その両面に層間絶縁層と導体回路とを積層形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

- また、光学素子が多層プリント配線板に対向する側と基板を挟んで反対側に実装され、光信号伝送用光路が形成されたＩＣチップ実装用基板を製造する場合には、
- 5 は、上記（８）の工程において、基板と層間絶縁層とを貫通する貫通孔（以下、光路用貫通孔という）を形成し、さらに、必要に応じて、該光路用貫通孔内に光路用樹脂層を形成する。

- また、その壁面に導体層が形成された光信号伝送用光路を形成する場合には、上記（８）の工程において、最外層の導体回路を形成する前に、基板と層間絶縁層とを貫通する光路用貫通孔を形成しておき、この導体回路を形成する際に同時に光路用貫通孔の壁面に導体層を形成すればよい。なお、上記導体層の形成と最外層の導体回路の形成とは別々に行ってもよい。
- 10

上記光路用貫通孔の形成は、ドリル加工やレーザ処理等により行えばよい。

- また、上記光路用貫通孔の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、光学素子やＩＣチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。
- 15

さらに、上記光路用貫通孔を形成する場合、該光路用貫通孔は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

- 光路用貫通孔を形成した後には、必要に応じて、デスミア処理を行ってもよい。
- 20
- 上記デスミア処理としては、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｂ）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

- また、上記光路用貫通孔の壁面には、粗化面を形成してもよい。粗化面を形成することにより、導体層や光路用樹脂層との密着性の向上をはかることができるからである。
- 25

上記粗化面の形成は、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｂ）の工程で用いる方法と同様の方法等により行うことができる。

さらに、上記導体層を形成した後、該導体層の表面に粗化面を形成してもよい。

上記光路用樹脂層の形成は、上記光路用貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填

し、その後、硬化処理を施すことにより行う。

具体的には、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｂ）の工程で説明した樹脂充填工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができ、これにより光路用樹脂層を形成することができる。

- 5 このような処理を行うことにより、上記多層配線板を貫通する光信号伝送用光路を形成することができる。

（９）次に、導体回路と層間絶縁層とを形成した基板の最外層に溶剤レジスト組成物の層を形成する。

- 10 上記溶剤レジスト組成物の層の形成は、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｃ）の（１）の工程で用いる方法と同様の方法等により行うことができる。

（１０）次に、上記溶剤レジスト組成物の層に、半田バンプ形成用開口（ＩＣチップを実装するための開口や多層プリント配線板と接続するための開口）と光学素子実装用開口とを形成し、溶剤レジスト層とする。

- 15 上記半田バンプ形成用開口や上記光学素子実装用開口の形成は、バイアホール用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。

- 20 また、溶剤レジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光学素子実装用開口とを有する溶剤レジスト層を形成してもよい。

- 25 なお、光信号伝送用光路を有するＩＣチップ実装用基板を製造する場合には、この工程で、上記光路用貫通孔に連通した光路用開口を溶剤レジスト層に形成することが望ましい。また、光路用開口を形成した場合には、該光路用開口内に樹脂組成物を充填してもよく、上記樹脂組成物としては、上記光路用貫通孔内に充填する樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。

（１１）次に、上記半田バンプ形成用開口や上記光学素子実装用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル－金、ニッケル－銀、ニッケル－パラジウム、ニッケル－パラジウ

ム一金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。

上記被覆層は、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

- 5 また、この工程では、光学素子実装用開口を形成することにより露出した導体回路部分にも被覆層（光学素子との電氣的な接続を図るための導体層）を形成することが望ましい。

（１２）次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより

- 10 半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してＩＣチップを実装したり、多層プリント配線板を接続したりすることが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するＩＣチップや接続する多層プリント配線板のバンプを介し

- 15 て、これらとＩＣチップ実装用基板とを電氣的に接続することができる。

（１３）さらに、ソルダーレジスト層に光学素子（受光素子および発光素子）を実装する。光学素子の実装は、該光学素子の接続態様（ワイヤボンディングやフリップチップボンディング等）に応じて行えばよく、ワイヤボンディングやフリップチップボンディングにより接続する具体的な方法としては、従来公知の方

- 20 法を用いることができる。

また、上記光学素子は、その一部または全部がソルダーレジスト層に埋設されるように実装してもよいし、その全部を埋設せず、表面に実装してもよい。

従って、上記（１０）の工程で形成する光学素子実装用開口の大きさは、光学素子の実装態様にに応じて、適宜決定すればよい。

- 25 さらに、この工程では、光学素子を実装した後、その周囲を樹脂封止してもよい。

次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

（１）まず、本群の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（１）～（２）の工程と同様にして、基板の両面に導体回路を形成するとともに、基板を挟

んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成する。また、この工程でも、導体回路の表面やスルーホールの壁面に、必要に応じて、粗化面を形成する。

(2) 次に、必要に応じて、導体回路を形成した基板上に層間絶縁層と導体回路とを積層形成する。

- 5 具体的には、本群の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の (3) ~ (8) の工程と同様の方法を用いて、層間絶縁層と導体回路とを積層形成すればよい。

この工程においても、I C チップ実装用基板を製造する場合と同様、基板と層間絶縁層とを貫通するスルーホールを形成したり、蓋めつき層を形成したりして
10 もよい。

なお、この (2) の工程、すなわち、層間絶縁層と導体回路とを積層する工程は、1 回のみ行ってもよいし、複数回行ってもよい。

また、この工程で層間絶縁層上に導体回路を形成する方法としては、上記 I C チップ実装用基板を製造する場合と同様、サブトラクティブ法を用いてもよい。

- 15 また、後述する工程で光導波路を形成する際に、該光導波路を I C チップ実装用基板に対向する側と基板を挟んで反対側の層間絶縁層上等に形成する場合には、この工程において、上述した I C チップ実装用基板の製造方法で説明した方法と同様の方法で、必要に応じてその内部に光路用樹脂層が形成されたり、その壁面に導体層が形成された光路用貫通孔を形成する。

- 20 なお、この基板等を貫通する光路用貫通孔（光信号伝送用光路）の形成は、下記 (3) の工程で光導波路を形成した後に行ってもよい。

(3) 次に、I C チップ実装用基板と対向する側の基板上、または、層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

- 上記光導波路の形成は、その材料に石英ガラス等の無機材料を用いて行う場合、
25 予め、所定の形状に成形しておいた光導波路を接着剤を介して取り付けることにより行うことができる。

また、上記無機材料からなる光導波路は、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法 (CVD)、分子線エピタキシャル法等により成膜させることにより形成することができる。

また、ポリマー材料からなる光導波路を形成する方法としては、①予め離型フィルム上等にフィルム状に成形しておいた光導波路形成用フィルムを層間絶縁層上に張り付ける方法や、②層間絶縁層上に下部クラッド、コア、上部クラッドを順次積層形成していくことにより、上記層間絶縁層上に直接光導波路を形成する

5 方法等が挙げられる。

なお、光導波路の形成方法としては、離型フィルム上に光導波路を形成する場合も、層間絶縁層上に光導波路を形成する場合も同様の方法を用いて行うことができる。

具体的には、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、
10 レジスト形成法、これらを組み合わせた方法等を用いることができる。

上記反応性イオンエッチングを用いた方法では、(i) まず、離型フィルムや層間絶縁層等（以下、単に離型フィルム等という）の上に下部クラッドを形成し、

(ii) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂層とする。(iii) 次に、上記
15 コア形成用樹脂層上に、マスク形成用の樹脂層を形成し、次いで、このマスク形成用の樹脂層に露光現像処理を施すことにより、コア形成用樹脂層上にマスク（エッチングレジスト）を形成する。

(iv) 次に、コア形成用樹脂層に反応性イオンエッチングを施すことにより、マスク非形成部分のコア形成用樹脂層を除去し、下部クラッド上にコアを形成す
20 る。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この反応性イオンエッチングを用いた方法は、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

また、露光現像法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、
25 (ii) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、半硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂組成物の層を形成する。

(iii) 次に、上記コア形成用樹脂組成物の層上に、コア形成部分に対応したパターンが描画されたマスクを載置し、その後、露光現像処理を施すことにより、

下部クラッド上にコアを形成する。(iv)最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この露光現像法は、工程数が少ないため、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、また、加熱工程が少ないため、光導波路に応力が発生しにくい。

- 5 また、上記金型形成法では、(i)まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii)次に、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成する。(iii)さらに、上記溝内にコア用樹脂組成物を印刷により充填し、その後、硬化処理を施すことによりコアを形成する。(iv)最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

- 10 この金型形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

- 15 また、上記レジスト形成法では、(i)まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii)さらに、この下部クラッド上にレジスト用樹脂組成物を塗布した後、露光現像処理を施すことにより、上記下部クラッド上のコア非形成部分に、コア形成用レジスト形成する。

- 20 (iii)次に、下部クラッド上のレジスト非形成部分にコア用樹脂組成物の塗布し、(iv)さらに、コア用樹脂組成物を硬化した後、上記コア形成用レジストを剥離することにより、下部クラッド上にコアを形成する。(v)最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

このレジスト形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

- 25 これらの方法を用いてポリマー材料からなる光導波路を形成する場合において、コアに粒子が配合された光導波路を形成する場合には、露光現像法に比べて、金型形成法が望ましい。その理由は以下のとおりである。

すなわち、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成し、その後、この溝内にコアを形成する金型形成法でコアを形成した場合には、コアに配合される粒子は全部、コア中に入ってしまうこととなるため、コアの表面は平坦で光

信号の伝送性に優れるのに対し、露光現像法でコアを形成した場合には、現像後のコアにおいて、コア表面から粒子の一部が突出していたり、コア表面に粒子がとれた窪みが形成されていたりして、コアの表面に凹凸が形成されることがあり、この凹凸によって光が所望の方向に反射しなくなり、その結果、光信号の伝送性が低下することがあるからである。

また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

上記光路変換ミラーは、光導波路を層間絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、層間絶縁層上に取り付けた後に形成してもよいが、該光導波路を層間絶縁層上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時に多層プリント配線板を構成する他の部材、基板や導体回路、層間絶縁層等に傷を付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソーや刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。また、光路変換ミラーを形成する代わりに光路変換部材を埋め込んでもよい。

なお、ここでは、基板上または最外層の層間絶縁層上に光導波路を形成する方法について説明したが、上記多層プリント配線板を製造する場合には、上記光導波路は、基板と層間絶縁層との間や、層間絶縁層同士の間形成する場合もある。

基板と層間絶縁層との間に光導波路を形成する場合には、上記（１）の工程で、その両面に導体回路が形成された基板を作製した後、上記（３）の工程と同様の方法で基板上の導体回路非形成部分に光導波路を形成し、その後、上記（２）の工程と同様の方法で層間絶縁層を形成することにより、上記した位置に光導波路を形成することができる。

また、層間絶縁層同士の上に光導波路を形成する場合には、上記（１）および（２）の工程と同様にして導体回路が形成された基板上に少なくとも１層の層間絶縁層を積層形成した後、上記（３）の工程と同様にして層間絶縁層上に光導波路を形成し、その後、さらに、上記（２）の工程と同様の工程を繰り返すことに

より、層間絶縁層同士の間に光導波路を形成することができる。

(4) 次に、光導波路を形成した基板の最外層にソルダーレジスト組成物の層を形成する。

上記ソルダーレジスト組成物の層は、本群の第二の発明の I C チップ実装用基板製造方法においてソルダーレジスト層を形成する際に用いる樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。

なお、場合によっては、上記 (3) の工程で基板の最外層全体に光導波路を形成し、光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たすようにしてもよい。

(5) 次に、I C チップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口 (I C チップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装するための開口) と光路用開口とを形成する。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、本群の第二の発明における I C チップ実装用基板の製造方法で半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。

15 なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

これらのなかでは、ソルダーレジスト層を形成する際に、その材料として感光性樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。

20 露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

25 なお、光路用貫通孔を形成し、I C チップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成した場合には、この工程で光路用開口を形成する際に、該光路用開口を上記光路用貫通孔と連通するように形成する。

また、必要に応じて、I C チップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。

後工程を経ることにより、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

(６) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、本群の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の(１１)の工程と同様の方法を用いて行えばよい。

(７) 次に、必要に応じて、上記(５)の工程で形成した光路用開口内に、未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成する。

10 なお、この工程で充填する未硬化の樹脂組成物は、本群の第二の発明においてＩＣチップ実装用基板の製造工程で、光路用貫通孔および光路用開口に充填する樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

15 また、上述したように、ＩＣチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成するために、光路用貫通孔と光路用開口とを形成した場合にも、該光路用貫通孔と該光路用開口とに未硬化の樹脂組成物を充填してもよく、ここで、上記未硬化の樹脂組成物を充填する場合には、上記光路用貫通孔と上記光路用開口とに同時に充填し、その後硬化処理を施してもよいし、多層配線板に光路用貫通孔を形成した後、未硬化の樹脂組成物の充填と硬化処理とを行い、その後、光路用開口を有するソルダーレジスト層を形成し、さらに、未硬化の樹脂組成物の充填と硬化処理とを行ってもよい。

20 (８) 次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

25 このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してＩＣチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装することが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するＩＣチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品のバンプを介してこれらを実装することができる。

また、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、

特に、外部接続端子を形成しなくてもよいし、必要に応じて、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGAやBGAとしてもよい。

このような工程を経ることにより、光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造することができる。

- 5 第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、次に、ICチップ実装用基板の光学素子と多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定する。

ここでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置した後、上記ICチップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電氣的に接続するとともに、両者を固定する。すなわち、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。

15 なお、上述したように、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との両者を固定するための半田バンプは、両者のどちらか一方にのみ形成されていてもよい。

また、この工程では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田の有するセルフアライメント効果により両者を所定の位置に配置することができる。

- 20 次に、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に、封止用樹脂組成物を流し込み、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成する。なお、ICチップ実装用基板の周囲にディスペンサー等を用いて封止用樹脂組成物を塗布した後、放置することにより、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を浸透させてもよい。さらには、注射器で封止用樹脂組成物を塗布してもよい。

25 上記封止用樹脂組成物としては、上述したPMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポ

リマー等の樹脂成分と、必要に応じて含まれる粒子とに加えて、硬化剤や消泡剤、酸無水物、溶剤等の各種添加剤が適宜配合されたもの等が挙げられる。

また、上記封止用樹脂組成物は、硬化後の通信波長光の透過率が70%/mm以上であることが望ましく、90%/mm以上であることがより望ましい。

- 5 ここで、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板の間に流し込む封止用樹脂組成物の粘度や、該封止用樹脂組成物を流し込んだ後の硬化処理の条件としては、封止用樹脂組成物の組成、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計等を考慮して適宜選択すればよい。具体的には、例えば、樹脂組成物の粘度は、20～100 c p s (m P · s) が望ましい。

- 10 次に、ICチップ実装用基板にICチップを実装し、その後、必要に応じて、ICチップの樹脂封止を行うことにより光通信用デバイスとする。

上記ICチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。

また、ICチップの実装を、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを

- 15 接続する前に行い、ICチップを実装したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信用デバイスとしてもよい。

なお、ICチップを樹脂封止する際に用いる樹脂組成物としては、従来公知のICチップ封止用樹脂組成物を用いることができ、この樹脂組成物には、粒子が配合されていてもよい。

次に、第三群の本発明について説明する。

- 20 まず、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスについて説明する。

第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、少なくとも、光学素子の実装されるとともに光路用樹脂充填層が形成された光学素子実装用領域を有するICチップ実装用基板と、

- 25 少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記光導波路と上記光学素子とが、上記光路用樹脂充填層を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする。

第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、所定の位置に光学素子の実装されたICチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プ

リント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

また、上記光通信用デバイスでは、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

- 5 また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間には、封止樹脂層が形成されていることが望ましい。封止樹脂層が形成されている場合には、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての
- 10 信頼性により優れることとなる。

- さらに、封止樹脂層が形成されている場合には、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができるため、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する半田バンプ付近での破断等を防止することができる。
- 15 また、上記封止樹脂層を形成した場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくく、光学素子と光導波路との間での光信号の伝送も阻害されない。

- 従って、このような点からもＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成した場合には、光通信用デバイスとしての信頼性により優
- 20 れることとなる。

また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、半田バンプを介して電氣的に接続されていることが望ましい。半田が有するセルフアライメント作用により両者をより確実に所定の位置に配置することができるからである。

- 25 このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記多層プリント配線板上に上記ＩＣチップ実装用基板を接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ＩＣチップ実装用基板が移動し、該ＩＣチップ実装用基板を上記多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。

従って、上記 ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とのそれぞれに、受光素子や発光素子、光導波路等の光学部品を正確な位置に取り付けておけば、半田バンプを介して上記多層プリント配線板上に、上記 ICチップ実装用基板を接続することにより接続信頼性に優れる光通信用デバイスを製造することができる。

以下、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。

図 29 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 29 には、ICチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

図 29 に示すように、光通信用デバイス 30150 は、ICチップ実装用基板 30120 と多層プリント配線板 30100 とから構成され、ICチップ実装用基板 30120 と多層プリント配線板 30100 とは、半田接続部（図示せず）を介して電氣的に接続されている。

また、ICチップ実装用基板 30120 と多層プリント配線板 30100 との間には、封止樹脂層 30160 が形成されている。

なお、ICチップ実装用基板 30120 には、半田接続部 30143 を介して ICチップ 30140 が実装されている。

ICチップ実装用基板 30120 では、光学素子実装領域を有する光学素子挿入用基板 31100 上に、基板 31121 の両面に導体回路 31124、31125 と層間絶縁層 31122 とが積層形成されるとともに、基板 31121 を挟んだ導体回路同士がスルーホール 31129 により接続され、さらに、層間絶縁層 31122 を挟んだ導体回路同士がパイアホール 31127 により接続されたパッケージ基板 31120 が積層されている。

光学素子挿入用基板 31100 には、基板 31101 の両面に導体回路が形成され、該導体回路間を接続するスルーホール 31106 が形成されており、このスルーホール 31106 は、その内部に樹脂充填材層 31110 が形成され、さらに、樹脂充填材層 31110 を覆うように蓋めつき層 31116 が形成されている。

また、光学素子挿入用基板 3 1 1 0 0 は、その略中央に光学素子実装用領域を有している。この光学素子実装用領域には、受光素子 3 1 1 3 8 および発光素子 3 1 1 3 9 の光学素子がダイボンディング用樹脂（図示せず）を用いて配設されるとともに、光路用樹脂充填層 3 1 1 4 1 が形成され、上記光学素子は、ワイヤ 5 3 1 1 4 0 を介したワイヤボンディングによりパッケージ基板 3 1 1 2 0 の金属層 3 1 1 3 6 と電氣的に接続されている。なお、光学素子の配設には、ダイボンディング用樹脂に代えて導電性ペーストを用いてもよいし、場合によっては、半田を用いてもよい。

10 なお、I C チップ実装用基板 3 0 1 2 0 においては、光路用樹脂充填層 3 1 1 4 1、光学素子（受光素子 3 1 1 3 8 および発光素子 3 1 1 3 9）、および、ワイヤ 3 1 1 4 0 の占める領域が光学素子実装用領域に相当する。

15 また、上記光路用樹脂充填層は、図 2 9 に示すように、1 層から構成されていてもよいが、内層光路用樹脂充填層と外層光路用樹脂充填層との 2 層から構成されていてもよく、3 層以上から構成されていてもよい。これについては後に詳述する。

また、図 2 9 に示す光通信用デバイス 3 0 1 5 0 においては、光学素子として、ワイヤボンディング型の光学素子が用いられているが、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて用いられる光学素子は、フリップチップ型のものであってもよい。

20 なお、フリップチップ型の光学素子を用いる場合には、パッケージ基板に光学素子接続用パッドを予め設けておき、ここに、半田を介して光学素子を取り付ければよい。

25 また、フリップチップ型の光学素子を取り付けた場合には、該光学素子とパッケージ基板との間隙を樹脂封止することが望ましく、具体的には、内層光路用樹脂層を形成するための樹脂組成物等で樹脂封止すればよい。

I C チップ実装用基板 3 0 1 2 0 は、パッケージ基板 3 1 1 2 0 側の最外層に開口を有するソルダーレジスト層 3 1 1 3 4 が形成されており、ソルダーレジスト層 3 1 1 3 4 の開口には、半田パッド（金属層）3 1 1 3 6 を介して I C チップを実装するための半田バンプが形成されている。なお、上述したように、図 2

9には、半田接続部30143を介してICチップ30140が実装された光通信デバイスを示す。

また、多層プリント配線板30100は、基板30101の両面に導体回路30104と層間絶縁層30102とが積層形成され、基板30101を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層30102を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール30109およびバイアホール30107により電氣的に接続されている。また、スルーホール30109内には、樹脂充填材層30110が形成されている。

さらに、多層プリント配線板30100のICチップ用実装基板30120と対向する側の最外層には、光路用開口30111を備えたソルダーレジスト層30114が形成されるとともに、光路用開口30111直下に光路変換ミラー30119（30119a、30119b）を備えた光導波路30118（30118a、30118b）が形成されており、光路用開口30111内には、光路用樹脂層30108が形成されている。

このような構成からなる光通信デバイス30150では、光ファイバ等（図示せず）を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路30118aに導入され、光路変換ミラー30119aおよび光路用開口30111、さらには、封止樹脂層30160、光路用樹脂充填層31141を介して受光素子31138（受光部31138a）に送られた後、受光素子31138で電気信号に変換され、さらに、導体回路および半田接続部を介してICチップ30140に送られることとなる。

また、ICチップ30140から送り出された電気信号は、半田接続部および導体回路を介して発光素子31139に送られた後、発光素子31139で光信号に変換され、この光信号が発光素子31139（発光部31139a）から光路用樹脂充填層31141、封止樹脂層30160、光路用開口30111bおよび光路変換ミラー30119b介して光導波路30118bに導入され、さらに、光ファイバ等（図示せず）を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

このような第三群の本発明の第一の発明の光通信デバイスでは、ICチップ

実装用基板内、すなわち、ＩＣチップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができるとともに、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

- 5 また、上記光通信用デバイスでは、ＩＣチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバ等を介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他のＩＣチップ等の電子部品（図示せず）に送られることとなる。
- 10

なお、図２９に示す光通信用デバイス３０１５０の断面図では、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する半田バンプは図示されていないが、実際には、ＩＣチップ実装用基板および／または多層プリント配線板に形成した半田バンプを介して両者は接続されている。

- 15 また、図２９に示す光通信用デバイス３０１５０では、ＩＣチップ実装用基板３０１２０と多層プリント配線板３０１００との間に封止樹脂層３０１６０が形成されている。このように、ＩＣチップ実装用基板と、多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている光通信用デバイスは、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、ゴミや異物の存在により光信号の伝送が阻害されることがないため、より信頼性に優れることとなる。
- 20

上記封止樹脂層としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層の材料と同様のもの等が挙げられる。

- 25 また、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が７０％／mm以上であることが望ましい。

通信波長光の透過率が７０％／mm未満では、光信号の損失が大きく、光通信用デバイスの信頼性の低下に繋がることからである。上記透過率は、９０％／mm以上であることがより望ましい。

特に、上記封止樹脂層が上述した樹脂成分のみからなる場合には、その透過率は、90%/mm以上であることが望ましく、後述するように、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、その透過率は、70%/mm以上であることが望ましい。

- 5 また、上記封止樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていることが望ましい。

粒子を含ませることにより、上記ICチップ実装用基板や上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。

- 10 なお、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおける、その構成部材の熱膨張係数（z軸方向）もまた、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの構成部材と同様である。

- 15 従って、封止樹脂層に粒子が配合されていると、該封止樹脂層と光通信用デバイスを構成する他の構成部材との熱膨張係数の差が小さくなる。そのため、応力が緩和されることとなる。

また、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

- 20 また、上記封止樹脂層に粒子を配合する場合、該封止樹脂層の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、粒子を配合する場合には、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層と同様、粒子の屈折率が樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。

- 25 上記樹脂粒子、無機粒子および金属粒子の具体例としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

また、上記粒子の形状や粒径、配合量も第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層に含まれる粒子と同様である。

なお、上記封止樹脂層の組成は、光信号の伝送損失、耐熱性、曲げ強度等の信頼性に影響を及ぼすため、その具体的な組成は、封止樹脂層が光信号の低損失性、

5 優れた耐熱性や耐クラック性を満たすように適宜選択すれば良い。

第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスでは、上記光路用樹脂充填層の屈折率と、上記封止樹脂層の屈折率とが同一であることが望ましい。上記光路用樹脂充填層の屈折率が、上記封止樹脂層の屈折率よりも小さい場合には、光路用樹脂充填層を介して伝送される光信号が受光素子の受光部に向かって集光する

10 こととなり、上記発光素子から送り出された光信号は、光路用樹脂充填層と封止樹脂層との界面で広がらない方向に屈折することとなるものの、両者の屈折率が異なることに起因して、光路用樹脂充填層と封止樹脂層との界面で光信号の反射が発生することとなり、その結果、光信号の伝送損失が大きくなる。従って、光信号の伝送損失を小さくするには、光路用樹脂充填層の屈折率と上記封止樹脂層
15 の屈折率とは同一であることが望ましく、通常は、光路用樹脂充填層と封止樹脂層との界面での光信号の反射の度合いと、屈折の度合いとを考慮して、両者の屈折率を適宜選択することとなる。

また、上記光通信用デバイスでは、多層プリント配線板に設けられた光路用開口内に光路用樹脂層が形成されていることが望ましく、この場合、上記光路用樹脂層の屈折率と封止樹脂層の屈折率とは同一であることが望ましい。両者の屈折率
20 が同一である場合には、光路用樹脂充填層の屈折率と封止樹脂層の屈折率とが同一の場合と同様、光信号の伝送損失を小さくすることができるからである。

さらに、上記光路用開口内が空隙である場合には、上記光通信用デバイス製造時の封止樹脂層を形成する工程において、封止樹脂層を形成するための未硬化の樹脂組成物が上記光路用開口の空隙内に入り込み、その際にボイドが発生することがあり、このようなボイドの発生は光通信用デバイスの光信号伝送能に悪影響を及ぼすことがあるが、光路用開口内に光路用樹脂層が形成されている場合には、
25 このような問題が発生することもない。

また、上記光路用開口の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、上記

光路用樹脂充填層、上記光路用樹脂層および上記封止樹脂層のそれぞれの屈折率は同一であることが望ましい。このように三者の屈折率が同一である場合には、上記光路用樹脂充填層と上記封止樹脂層との界面、および、上記封止樹脂層と上記光路用樹脂層との界面で光信号の反射が起こらないからである。

- 5 なお、上記封止樹脂層や光路用樹脂充填層に用いられる樹脂成分の屈折率は、エポキシ樹脂が1.50～1.60程度、アクリル樹脂が1.40～1.55程度、ポリオレフィンが1.55～1.65程度であり、上記封止樹脂層等の屈折率を調整する方法としては、樹脂成分の一部をフッ素化したり、フェニル化したりすることにより分極率を変化させたり、樹脂成分の一部を重水素化することにより分子量を変化させて、樹脂成分の屈折率を変える方法等が挙げられる。なお、
10 このような屈折率の調整方法は、光導波路の屈折率を調整する方法としても用いることができる。

- また、上記光通信用デバイスにおいては、上記光路用樹脂充填層の多層プリント配線板と対向する面に、少なくとも1つのマイクロレンズが配設されていること
15 が望ましい。

図30は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

- 図30に示す光通信用デバイス30250は、図29に示した光通信用デバイス30150と同様、ICチップ実装用基板30220と多層プリント配線板30200とから構成され、ICチップ実装用基板30220と多層プリント配線板30200との間には、封止樹脂層30260が形成されている。
20

- また、ICチップ実装用基板30220では、光学素子（発光素子32138および受光素子32139）と光路変換ミラー30219との間であって、光路用樹脂充填層32141の封止樹脂層30260と対向する面（多層プリント配線板30200と対向する面）にマイクロレンズ32246が配設されている。
25

このように、マイクロレンズを配設することにより、光学素子（受光素子および発光素子）と光導波路との間で、より確実に光信号を伝送することができる。

なお、上記マイクロレンズは、図30に示すように、発光素子と光路変換ミラーとの間、および、受光素子と光路変換ミラーとの間の2箇所に配設されている

ことが望ましいが、場合によっては、どちらか一方にのみ配設されていてもよい。

なお、図30に示す光通信用デバイス30250の実施形態は、ICチップ実装用基板30220の光路用樹脂充填層32141の封止樹脂層30160と対向する面にマイクロレンズ30246が配設されている以外は、光通信用デバイス30150の実施形態と同一である。

また、上記光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する面（多層プリント配線板と対向する面）に配設されるマイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号を集光させることができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

また、上記マイクロレンズが、図30に示すような片面（封止樹脂層側）にのみ凸面を有する凸形状レンズである場合、上記マイクロレンズの曲率半径は、上記マイクロレンズの焦点距離を考慮して適宜選択する。具体的には、マイクロレンズの焦点距離を長くする場合には曲率半径を小さくし、焦点距離を短くする場合には、曲率半径を大きくする。

また、図示はしていないが、多層プリント配線板の光路用開口の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用開口の封止樹脂層側の端部にもマイクロレンズが配設されていることが望ましく、この場合、マイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

また、光路用開口の端部にもマイクロレンズが配設されており、かつ、上記受光素子の受光部や上記発光素子の発光部から上記光路用樹脂充填層の表面までの距離と、内部に光路用樹脂層が形成された光路用開口の厚さとが略同一である場合には、光路用開口の端部に配設されたマイクロレンズの屈折率と、光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する面に配設されたマイクロレンズの屈折率とは、略同一であることが望ましい。

このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号を集光することができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

上記マイクロレンズとしては特に限定されず、光学レンズに使用されているも

のが挙げられ、その材質の具体例としては、光学ガラス、光学レンズ用樹脂等が挙げられる。

上記光学レンズ用樹脂としては、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板で用いる光学レンズ用樹脂と同様のもの等が挙げられる。

- 5 また、上記マイクロレンズの形状は特に限定されず、ＩＣチップ実装用基板の設計を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、直径が１００～５００μｍで、厚さが２００μｍ以下である。なお、上記マイクロレンズは、通常このように小さいため、該マイクロレンズに熱が加わってもクラックが発生することはない。

- 10 また、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板に形成するマイクロレンズと同様、該マイクロレンズには粒子が添加されていてもよく、その粒子の具体例としては、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板に形成するマイクロレンズに添加する粒子と同様のものが挙げられる。

また、上記粒子の添加量は、６０重量％以下であることが望ましい。

- 15 また、上記マイクロレンズに粒子を添加する場合、上記光学レンズ用樹脂の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、上記光学レンズ用樹脂に、粒子を添加する場合には、屈折率の異なる２種類の粒子を混ぜ合わせて、上記粒子の屈折率が上記光学レンズ用樹脂の屈折率と同程度となるようにすることが望ましい。

- 20 具体的には、例えば、光学レンズ用樹脂が屈折率１．５３のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が１．５４のシリカ粒子と屈折率が１．５２のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

上記光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する面にマイクロレンズを配設する場合、該マイクロレンズは、光路用樹脂充填層に透明な接着剤層を介して配設されていてもよいし、該光路用樹脂充填層に直接配設されていてもよい。

- 25 なお、光路用開口の端部にマイクロレンズを配設する場合も同様に、透明な接着剤層を介して光路用開口の端部に配設すればよく、光路用開口の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層に直接配設されていてもよい。

上記マイクロレンズは、受光素子の受光部や発光素子の発光部と、光導波路の光路変換ミラーとを結ぶ直線上にマイクロレンズの中心が位置するように取り付

けられていることが望ましい。

また、上記マイクロレンズの形状は、図 30 に示したような凸形状のレンズに限定されるわけではなく、光信号を所望の方向に集光することができるものであればよい。

- 5 第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する IC チップ実装用基板の実施形態は、図 29 または 30 に示す形態に限定されるものではない。

図 31 は、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

- 図 31 に示す光通信用デバイス 30350 もまた、IC チップ実装用基板 30320 と多層プリント配線板 30300 とから構成されるものであり、IC チップ実装用基板の構造が、図 29 に示す光通信用デバイス 30150 を構成する IC チップ実装用基板 30120 とは異なるものの、その他の構造等は、図 29 に示す光通信用デバイス 30150 と略同一である。従って、ここでは、光通信用デバイス 30350 を構成する IC チップ実装用基板 30320 についてのみ詳細に説明することとする。

- IC チップ実装用基板 30320 は、光学素子実装用領域を有する光学素子挿入用基板 33100 上に、基板 33121 の両面に導体回路 33124、33125 と層間絶縁層 33122 とが積層形成され、基板 33121 を挟んだ導体回路同士がスルーホール 33129 により接続され、層間絶縁層 33122 を挟んだ導体回路間がバイアホールにより接続されたパッケージ基板 33120 が積層されている。

- また、光学素子挿入用基板 33100 は、その略中央に光学素子実装用領域を有しており、この光学素子実装用領域には、受光素子 33138 および発光素子 33139 の光学素子が配設されているとともに光路用樹脂充填層（内層光路用樹脂充填層 33141a、外層光路用樹脂充填層 33141b）が形成され、上記光学素子は、ワイヤ 33140 を介したワイヤボンディングによりパッケージ基板 33120 の金属層 33136 と電氣的に接続されている。

また、図 31 に示す受光素子 33138 および発光素子 33139 の電気接続用パッド（光学素子のワイヤと接続する部分）は、それぞれの受光部 33138

a および発光部 3 3 1 3 9 a よりもパッケージ基板側に設けられている。

このような形状の光学素子を用い、光路用樹脂充填層の構造を内層光路用樹脂充填層と外層光路用樹脂充填層との2層からなる構造とすることにより、上記ワイヤおよび上記光学素子のワイヤとの接続部を内層光路用樹脂充填層で保護することができ、光学素子と導体回路（金属層）との接続信頼性がより優れることとなる。

また、ICチップ実装用基板 3 0 3 2 0 では、光学素子挿入用基板 3 3 1 0 0 とパッケージ基板 3 3 1 2 0 とを貫通するスルーホール 3 3 1 0 6 が形成され、その内部には、樹脂充填材層 3 3 1 1 0 が形成されている。また、ICチップ実装用基板 3 0 3 2 0 は、ICチップを実装する側の最外層に開口を有するソルダーレジスト層 3 3 1 3 4 が形成されており、ソルダーレジスト層 3 3 1 3 4 の開口には半田バンプ（金属層） 3 3 1 3 6 を介して、ICチップを実装するための半田バンプ 3 3 1 4 3 が形成されている。

次に、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの他の構成部材等について説明する。

第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、光学素子（受光素子、発光素子）が実装されている。

上記受光素子や発光素子の具体例としては、第一群の本発明の第一の発明ICチップ実装用基板に実装される受光素子や発光素子と同様のもの等が挙げられる。

また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、光路用樹脂充填層が形成されており、この光路用樹脂充填層を介して上記ICチップ実装用基板に実装された光学素子と、上記多層プリント配線板に形成された光導波路との間で、光信号を伝送することができる。

上記光路用樹脂充填層は、図 2 9、3 0 に示す光路用樹脂充填層 3 1 1 4 1、3 2 1 4 1 のように1層からなるものであってもよいし、図 3 1 に示す光路用樹脂充填層のように、内層光路用樹脂充填層 3 3 1 4 1 a と外層光路用樹脂充填層 3 3 1 4 1 b との2層からなるものであってもよい。

上記光路用樹脂充填層が2層からなる場合、内層光路用樹脂充填層を光学素子を固定するのに適した樹脂組成物を用いて形成し、外層光路用樹脂充填層を通信

波長光の透過率に優れる樹脂組成物を用いて形成することにより光通信デバイスとしての信頼性をより優れたものとすることができる。

- 5 また、このように特性の異なる内層光路用樹脂充填層と外層光路用樹脂充填層とを形成する場合、該内層光路用樹脂充填層の厚さは、上記光学素子の厚さと同じか、それよりも薄いこととなる。上記特性を優する内層光路用樹脂充填層の厚さが上記光学素子の厚さよりも厚いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

なお、上記光路用樹脂充填層は、場合によっては、3層以上からなるものであってもよい。

- 10 上記光路用樹脂充填層が1層からなる場合、該光路用樹脂充填層は、通信波長光の透過性に優れるものであれば特に限定されず、その材料としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、これらの複合体等を樹脂成分とする樹脂組成物等が挙げられる。上記樹脂成分の具体例としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、オレフィン樹脂、BT樹脂等が挙げられる。

- 15 また、上記樹脂組成物には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光路用樹脂充填層と、基板、ソルダーレジスト層、層間絶縁層等との間で熱膨張係数の整合を図ることができ、また、粒子の種類によっては難燃性を付与することもできる。

上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

また、上記粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。

- 25 また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

上記粒子の粒径は、その下限が0.01 μm で、上限が0.8 μm であることがより望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、

樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を調製することが困難になることがあるからである。なお、光路用樹脂充填層を形成する際に調製する樹脂組成物の粘度は、 $200 \sim 1000 \text{ cps (mP} \cdot \text{s)}$ が望ましい。

- 5 上記粒径は、その下限が $0.1 \mu\text{m}$ で、その上限が $0.8 \mu\text{m}$ であることがさらに望ましい。この範囲にあると、樹脂組成物を塗布、充填するのに適しており、また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

- 10 上記粒径は、その下限が $0.2 \mu\text{m}$ で、その上限が $0.6 \mu\text{m}$ であることが特に望ましい。この範囲が、特に樹脂組成物の塗布、充填に適している。さらに、形成した光路用樹脂充填層ごとのバラツキが最も小さくなり、光通信用デバイスの特性に特に優れることとなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでいてもよい。

- 15 上記光路用樹脂充填層に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は50重量%であり、より望ましい上限は40重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が50重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。また、上記配合量が20～40重量%の範囲にあると、粒子が凝集したり、分散したりしても光信号の伝送性には影響がない。

- 25 また、上記光路用樹脂充填層が内層光路用樹脂充填層と外層光路用樹脂充填層との2層からなる場合、外層光路用樹脂充填層の材料としては、上述した光信号の透過性に優れる樹脂組成物を用いることができ、内層光路用樹脂充填層の材料としては、従来公知のICチップ封止用樹脂の材料と同様のもの等を用いることができる。

具体的には、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等を含む樹脂組成物等が挙げられる。

具体例としては、クレゾール・ノボラック系のエポキシ樹脂に、硬化剤としてフェノール・ノボラック系樹脂、フィラーとしてシリカ等が配合され、さらに、必要に応じて、反応促進剤、カップリング剤、難燃剤（難燃助剤）、着色剤等のその他の添加剤が配合された樹脂組成物等が挙げられる。

- 5 上記 IC チップ実装用基板において、上記光路用樹脂充填層が 1 層からなる場合、該光路用樹脂充填層の透過率は、70%/mm 以上であることが望ましく、90%/mm 以上であることがより望ましい。

なお、本明細書において、光路用樹脂充填層の透過率とは、長さ 1 mm あたりの通信波長光の透過率をいう。具体的には、強さ I_3 の光が上記光路用樹脂充填層に入射し、該光路用樹脂充填層を通過して出てきたとした際に、出てきた光の強さが I_4 である場合に下記 (2) により算出される値である。

$$\text{透過率 (\%/mm)} = (I_4 / I_3) \times 100 \cdots (2)$$

なお、上記透過率とは、25～30℃で測定した透過率をいう。

- 15 また、上記光路用樹脂充填層が 2 層からなる場合には、上層光路用樹脂充填層の透過率（長さ 1 mm あたりの通信波長光の透過率）が、70%/mm 以上であることが望ましく、90%/mm 以上であることがより望ましい。

また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されている。

- 20 上記光導波路としては、上記光導波路としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板に形成される光導波路と同様のもの等が挙げられる。

- 25 なお、図 29～31 に示す多層プリント配線板においては、IC チップ実装用基板と対向する側の最外層の層間絶縁層上に光導波路が形成されているが、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおける光導波路の形成位置は、ここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板と層間絶縁層との間であってもよい。さらには、IC チップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上や、層間絶縁層同士の間、基板と層間絶縁層との間等であってもよい。

また、図 29～31 に示す多層プリント配線板においては、最外層の層間絶縁

層上に光導波路が形成され、さらに、この層間絶縁層および光導波路を覆うようにソルダーレジスト層が形成されているが、このソルダーレジスト層は、必ずしも形成されている必要はなく、最外層の層間絶縁層上全体に光導波路が形成され、この光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たしていてもよい。

5 なお、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記封止樹脂層は、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域のうち、光信号の光路に該当しない領域にのみ封止樹脂層が形成されていてもよい。具体的には、例えば、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域の外周付近にのみ封止樹脂層が形成されていてもよい。

10 光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことを防止するという第二群の本発明の効果を得ることができるとともに、光路信号の光路が空気により構成されることとなるため、封止樹脂層により光信号の伝送が阻害されるおそれがなくなり、封止樹脂層の材料の選択性がより広がることとなるからである。

15 また、第三群の本発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板においては、光学素子実装用領域内に、ＩＣチップ、その他の電子部品等が実装されていてもよい。

また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、多層プリント配線板に接続されるＩＣチップ実装用基板の数は、１個に限定されず、複数個
20 であってもよい。

このような構成からなる第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、例えば、後述する第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法により製造することができる。

次に、第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。
25 明する。

第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法は、少なくとも、光学素子が実装されるとともに光路用樹脂充填層が形成された光学素子実装用領域を有するＩＣチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記 I C チップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成すること
5 とを特徴とする。

第三群の本発明の第二の発明の発明の光通信用デバイスの製造方法では、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されること
10 のない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

また、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成す
15 ることにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

上記光通信用デバイスの製造方法では、まず、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造する。

従って、ここでは、まず、I C チップ実装用基板の製造方法と、多層プリント配線板の製造方法とを別々に説明し、その後、封止樹脂層を形成する方法について説明することとする。

まず、I C チップ実装用基板の製造方法について説明する。

上記 I C チップ実装用基板の製造は、パッケージ基板と光学素子挿入用基板と
25 を別々に作製した後、両者を貼り合わせ、さらに所定の工程を経ること等により行う。そのため、まず、光学素子挿入用基板を作製する方法とパッケージ基板を作製する方法とをそれぞれ工程順に別々に説明し、その後、両者を貼り合わせて I C チップ実装用基板とする工程について説明する。

パッケージ基板の作製は、(A) ~ (C) の工程を経ること等により行うこと

ができる。

(A) まず、基板上に導体回路を形成する。

具体的には、基板上に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成し、該導体層上にレジストを形成した後、エッチング処理を施すことにより基板上に導体回路を形成することができる。

また、基板上にめっきレジストを形成し、その後、めっき処理と、めっきレジストの剥離とを行うことによって基板上に導体回路を形成してもよい。

上記基板としては、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂（BT樹脂）、フェノール樹脂、これらの樹脂にガラス繊維等の補強材が含浸された樹脂（例えば、ガラスエポキシ樹脂）等からなる基板、FR-4基板、FR-5基板等が挙げられる。

また、両面銅張積層基板や片面銅張積層基板、RCC基板等をベタの導体層が形成された基板として用いてもよい。

なお、コンフォーマル基板やアディティブ法で形成された基板を導体回路の形成された基板として用いてもよい。

また、必要に応じて、上記基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成してもよい。

スルーホールを形成する場合には、ベタの導体層を形成する前に、予め、基板にドリル加工やレーザ処理等により貫通孔を形成しておき、ベタの導体層を形成する際に貫通孔の壁面にも導体層を形成し、その後、エッチング処理を施すことにより導体回路を形成するとともにスルーホールを形成すればよい。

また、予め、ベタの導体層が形成された基板に貫通孔を形成した後、該貫通孔の壁面に無電解めっき処理等を施し、さらに、導体層にエッチング処理を施すことにより導体回路とスルーホールとを形成してもよい。

また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。なお、樹脂充填材の充填は、スルーホールに相当する部分に開口が形成されたマスクを基板上に載置し、スキージを用いて行うことができる。

また、導体回路表面（スルーホールのランド表面を含む）には、粗化形成処理

を施してもよい。導体回路表面を粗化面とすることにより後工程で積層形成する層間絶縁層との密着性を向上させることができるからである。

上記粗化形成処理としては、黒化（酸化）－還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu－Ni－P針状合金めつ

5 きによる処理等が挙げられる。

なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に行い、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

上記スルーホール内に充填する樹脂充填材としては、エポキシ樹脂と硬化剤と

10 無機粒子とを含む樹脂組成物等が挙げられる。

上記エポキシ樹脂としては特に限定されないが、ビスフェノール型エポキシ樹脂およびノボラック型エポキシ樹脂からなる群より選択される少なくとも一種が望ましい。

ビスフェノール型エポキシ樹脂は、A型やF型の樹脂を選択することにより、
15 希釈溶媒を使用しなくてもその粘度を調製することができ、ノボラック型エポキシ樹脂は、高強度で耐熱性や耐薬品性に優れ、無電解めつき液等の強塩基性溶液中であっても分解せず、また、熱分解もしにくいからである。

上記ビスフェノール型エポキシ樹脂としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂やビスフェノールF型エポキシ樹脂が望ましく、低粘度で、かつ、無溶剤で使

20 用することができる点からビスフェノールF型エポキシ樹脂がより望ましい。

また、上記ノボラック型エポキシ樹脂としては、フェノールノボラック型エポキシ樹脂およびクレゾールノボラック型エポキシ樹脂から選択される少なくとも一種が望ましい。

また、ビスフェノール型エポキシ樹脂とクレゾールノボラック型エポキシ樹脂
25 とを混合して使用してもよい。この場合、ビスフェノール型エポキシ樹脂とクレゾールノボラック型エポキシ樹脂との混合比率は、重量比で1／1～1／100であることが望ましい。

上記樹脂充填材に含まれる硬化剤としては特に限定されず、従来公知の硬化剤を用いることができ、イミダゾール系硬化剤、酸無水物硬化剤、アミン系硬化剤

等が挙げられる。これらのなかでは、イミダゾール系硬化剤が望ましく、特に、25℃において液状の1-ベンジル-2-メチルイミダゾールや、1-シアノエチル-2-エチル-4-メチルイミダゾール、および、4-メチル-2-エチルイミダゾールが望ましい。

- 5 また、上記樹脂充填材に含まれる無機粒子としては、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

また、上記無機粒子は、シランカップリング剤等により、コーティングされていてもよい。無機粒子とエポキシ樹脂との密着性が向上するからである。

- 15 また、上記無機粒子の樹脂組成物中の含有比率の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。また、上記含有比率の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。基板等との間で、熱膨張係数の整合を図ることができるからである。

また、上記無機粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状や楕円球状が望ましい。粒子の形状に起因したクラックの発生等を抑制することができるからである。

- 20 上記無機粒子の平均粒径は、0.01~5.0μmが望ましい。

また、上記樹脂組成物中には、上記したエポキシ樹脂等以外に、他の熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂等が含まれていてもよい。

- 25 上記熱硬化性樹脂としては、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂等が挙げられ、上記熱可塑性樹脂としては、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、4フッ化エチレン6フッ化プロピレン共重合体（FEP）、4フッ化エチレンパーフロロアルコキシ共重合体（PFA）等のフッ素樹脂、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリスルフォン（PSF）、ポリフェニレンスルフィド（PPS）、熱可塑性ポリフェニレンエーテル（PPE）、ポリエーテルスルフォン（PES）、ポリエーテルイミド（PEI）、ポリフェニレンスルフォン（PPS）、ポ

リエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、ポリオレフィン系樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよいし、2種以上を併用してもよい。

なお、上記エポキシ樹脂に代えて、これらの樹脂を用いてもよい。

- 5 (B) 次に、導体回路を形成した基板上に、バイアホールを有する層間絶縁層を形成するとともに、該層間絶縁層上に導体回路を形成する。

具体的には、下記 (i) ～ (vi) の工程を経ることにより層間絶縁層と導体回路との形成を行うことができる。

- 10 (i) まず、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂や樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。

- 15 上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコート、カーテンコート等により塗布して成形してもよく、また、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着して形成してもよい。さらに、未硬化の樹脂フィルムの片面に銅箔等の金属層が形成された樹脂フィルムを貼付してもよい。

また、熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム状に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することが望ましい。

上記未硬化の樹脂を塗布する場合には、樹脂を塗布した後、加熱処理を施す。上記加熱処理を施すことにより、未硬化の樹脂を熱硬化させることができる。

- 20 なお、上記熱硬化は、後述するバイアホール用開口を形成した後に行ってもよい。

このような樹脂層の形成において使用する熱硬化性樹脂の具体例としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂等が挙げられる。

- 25 上記エポキシ樹脂としては、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの

縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。

上記ポリオレフィン系樹脂としては、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレン、ポリイソブチレン、ポリブタジエン、ポリイソプレン、シクロオレフィン系樹脂、これらの樹脂の共重合体等が挙げられる。

また、上記熱可塑性樹脂としては、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン等が挙げられる。

また、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体（樹脂複合体）としては、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、その具体例としては、粗化面形成用樹脂組成物等が挙げられる。

上記粗化面形成用樹脂組成物としては、第一群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法の（a）の（3）の工程で用いる粗化面形成用樹脂組成物と同様のもの等を用いることができる。

15 (ii) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。

上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。上記レーザ処理は、上記硬化処理前に行ってもよいし、硬化処理後に行ってもよい。

20 また、感光性樹脂からなる層間絶縁層を形成した場合には、露光、現像処理を行うことにより、バイアホール用開口を設けてもよい。なお、この場合、露光、現像処理は、上記硬化処理前に行う。

また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にレーザ処理によりバイアホール用開口を形成し、
25 層間絶縁層とすることができる。

このとき、使用するレーザとしては、炭酸ガスレーザ、エキシマレーザ、UVレーザ、YAGレーザ等が挙げられる。これらは、形成するバイアホール用開口の形状等を考慮して使い分けてもよい。

上記バイアホール用開口を形成する場合、マスクを介して、ホログラム方式の

エキシマレーザによるレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。

また、短パルスの炭酸ガスレーザを用いて、バイアホール用開口を形成すると、開口内の樹脂残りが少なく、開口周縁の樹脂に対するダメージが小さい。

- 5 また、光学系レンズとマスクとを介してレーザ光を照射する場合には、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。

光学系レンズとマスクとを介することにより、同一強度で、かつ、照射角度が同一のレーザ光を複数の部分に同時に照射することができるからである。

- (iii) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に、必要に応じて、酸または酸化剤を用いて粗化面を形成する。

なお、この粗化面は、層間絶縁層とその上に形成する薄膜導体層との密着性を高めるために形成するものであり、層間絶縁層と薄膜導体層との間に十分な密着性がある場合には形成しなくてもよい。

- 上記酸としては、硫酸、硝酸、塩酸、リン酸、蟻酸等が挙げられ、上記酸化剤
15 としては、クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸ナトリウム等の過マンガン酸塩等が挙げられる。

また、粗化面を形成した後には、アルカリ等の水溶液や中和液等を用いて、層間絶縁層の表面を中和することが望ましい。

次工程に、酸や酸化剤の影響を与えないようにすることができるからである。

- 20 また、上記粗化面の形成は、プラズマ処理等を用いて行ってもよい。

- また、上記粗化面の最大粗度 R_{max} は、 $0.1 \sim 20 \mu m$ が望ましい。 R_{max} が $20 \mu m$ を超えると粗化面自体が損傷や剥離を受けやすく、 R_{max} が $0.1 \mu m$ 未満では、導体回路との密着性を十分にえられないことがあるからである。特に、セミアディティブ法により導体回路を形成する場合には、上記最大粗度 R_{max} は、 $0.1 \sim 5 \mu m$ が望ましい。薄膜導体層との密着性を十分に確保することができるとともに、薄膜導体層の除去が容易だからである。

(iv) 次に、バイアホール用開口を設けた層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

上記薄膜導体層は、無電解めっき、スパッタリング、蒸着等の方法を用いて形

成する。なお、層間絶縁層の表面に粗化面を形成しなかった場合には、上記薄膜導体層は、スパッタリングにより形成することが望ましい。

なお、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、被めっき表面に、予め、触媒を付与しておく。上記触媒としては、塩化パラジウム等が挙げられる。

- 5 上記薄膜導体層の厚さは特に限定されないが、該薄膜導体層を無電解めっきにより形成した場合には、 $0.6 \sim 1.2 \mu\text{m}$ が望ましく、スパッタリングにより形成した場合には、 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ が望ましい。

また、上記薄膜導体層の材質としては、Cu、Ni、P、Pd、Co、W等が挙げられる。これらのなかでは、CuやNiが望ましい。

- 10 (v) 次に、上記薄膜導体層上の一部にドライフィルムを用いてめっきレジストを形成し、その後、上記薄膜導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成する。

- 15 また、この工程では、バイアホール用開口を電解めっきで充填してバイアホールの構造をフィールドビア構造としてもよく、一旦、その上面に窪みを有するバイアホールを形成し、その後、この窪みに導電性ペーストを充填してフィールドビア構造としてもよい。また、上面に窪みを有するバイアホールを形成した後、その窪みに樹脂充填材等を充填し、さらに、その上に蓋めっき層を形成して上面が平坦なバイアホールとしてもよい。バイアホールの構造をフィールドビア構造とすることにより、バイアホールの直上にバイアホールを形成することができる。

- 20 (vi) さらに、めっきレジストを剥離し、めっきレジストの下に存在していた薄膜導体層をエッチングにより除去し、独立した導体回路とする。エッチング液としては、硫酸-過酸化水素水溶液、過硫酸アンモニウム等の過硫酸塩水溶液、塩化第二鉄、塩化第二銅、塩酸等が挙げられる。また、エッチング液として上述した第二銅錯体と有機酸とを含む混合溶液を用いてもよい。

- 25 なお、ここに記載した導体回路の形成方法は、アディティブ法であるが、本発明の製造方法における導体回路の形成方法は、アディティブ法に限定されるわけではなく、サブトラクティブ法であってもよい。

以下、サブトラクティブ法により導体回路を形成する方法について簡単に説明する。

まず、上記 (i) ~ (iii) の工程と同様にして、バイアホール用開口を有する層間絶縁層を形成し、さらに、上記 (iv) の工程と同様にして、バイアホール用開口の壁面を含む層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

- 次に、上記薄膜導体層上の全面に電気めっき層等を形成することにより導体層の厚さを厚くする。なお、電気めっき層等の形成は、必要に応じて行えばよい。

次いで、上記導体層上にエッチングレジストを形成する。

上記エッチングレジストは、感光性ドライフィルムを張り付けた後、該感光性ドライフィルム上にフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成することができる。

- さらに、上記エッチングレジスト非形成部下の導体層をエッチング処理により除去し、その後、エッチングレジストを剥離することにより層間絶縁層上に独立した導体回路（バイアホールを含む）を形成する。

- なお、上記エッチング処理は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行うことができ、エッチングレジストの剥離は、アルカリ水溶液等を用いて行うことができる。

- このような方法を用いることにより、バイアホールを有する層間絶縁層を形成するとともに、層間絶縁層上に導体回路を形成することができる。なお、本発明の IC チップ実装用基板では、層間絶縁層は 1 層しか形成していないが、製造する IC チップ実装用基板によっては、この工程 (B) を複数回繰り返すことにより、層間絶縁層を 2 層以上積層形成してもよい。

- また、導体回路の形成方法として、アディティブ法を選択するか、サブトラクティブ法を選択するかは、導体回路の幅や間隔、実装する IC チップや光学素子、その他の各種電子部品等の接続端子の数やピッチ等を考慮して適宜選択すればよい。

(C) 次に、最外層に溶剤レジスト層を形成する。

具体的には、未硬化の溶剤レジスト組成物をロールコートやカーテンコート等により塗布したり、フィルム状に成形した溶剤レジスト組成物を圧着したりした後、硬化処理を施すことにより溶剤レジスト層を形成する。

上記ソルダーレジスト組成物としては、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｃ）の（１）の工程で用いるソルダーレジスト組成物と同様のもの等が挙げられる。

また、上記ソルダーレジスト組成物は、エラストマーや無機フィラーが配合されていてもよい。

また、上記ソルダーレジスト層には、必要に応じて、レーザ処理や露光現像処理により開口を形成する。この際、使用するレーザとしては、上述したバイアホール用開口を形成する際に用いるレーザと同様のもの等が挙げられる。

次に、上記開口の底面に露出した導体回路の表面に、必要に応じて、金属層を形成する。なお、この工程で開口内に形成した金属層は、この開口を有するソルダーレジスト層がＩＣチップ実装用基板の最外層を構成する場合に、半田パッドとしての役割を果たすことがある。

上記金属層は、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により上記導体回路表面を被覆することにより形成することができる。

具体的には、ニッケル－金、ニッケル－銀、ニッケル－パラジウム、ニッケル－パラジウム－金等の金属により形成することが望ましい。

また、上記半田パッドは、めっき、蒸着、電着等の方法を用いて形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきが望ましい。

また、この工程で形成するソルダーレジスト層には、後述する工程で光学素子挿入用基板との貼り合わせの際に用いる位置合わせ用マーク等を形成しておいてもよい。

このような（Ａ）～（Ｃ）の工程を経ることによりパッケージ基板を作製することができる。

次に、光学素子挿入用基板の作製方法について説明する。

光学素子挿入用基板の作製は、下記（ａ）～（ｃ）の工程を経ることにより行うことができる。

（ａ）まず、基板の両面または片面に無電解めっき処理等により導体回路を形成する。

具体的には、基板上に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成し、該導体層上にレジストを形成した後、エッチング処理を施すことにより基板上に導体回路を形成することができる。

また、基板上にめっきレジストを形成し、その後、めっき処理と、めっきレジストの剥離とを行うことにより基板上に導体回路を形成してもよい。

また、この工程では、基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成してもよい。

スルーホールの形成は、無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成する前に、予め、基板にドリル加工やレーザ処理等により貫通孔を形成しておき、ベタの導体層を形成する際に貫通孔の壁面にも導体層を形成し、その後、エッチング処理を施すことにより導体回路を形成するとともに、スルーホールを形成してもよい。

また、予め、ベタの導体層が形成された基板に貫通孔を形成した後、該貫通孔の壁面に無電解めっき処理等を施し、さらに、導体層にエッチング処理を施すことにより導体回路とスルーホールとを形成してもよい。

また、基板に貫通孔を形成した後、基板の表面の一部にめっきレジストを形成し、その後、貫通孔の壁面およびめっきレジスト非形成部に導体層を形成し、さらに、めっきレジストの剥離を行うことにより導体回路とスルーホールとを形成してもよい。

また、これらの方法により基板に貫通孔を形成する場合には、貫通孔を形成した後、導体層を形成する前に、該貫通孔にデスミア処理を施すことが望ましい。上記デスミア処理としては、過マンガン酸やクロム酸等の酸化剤を用いた薬液処理や、プラズマを用いたドライ処理等が挙げられる。

ここで用いる基板としては、パッケージ基板を作製する際に用いる基板と同様のもの等が挙げられる。

また、この光学素子挿入用基板を作製する工程においても、上記スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填し、樹脂充填材層を形成することが望ましい。なお、樹脂充填材の充填は、スルーホールに相当する部分に開口が形成されたマスクを基板上に載置し、スキージを用いて行うことが

できる。

また、この工程においても、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前にスルーホールの壁面に粗化面を形成しておくことが望ましい。これにより、スルーホールと樹脂充填材層との密着性がより向上するからである。

- 5 上記樹脂充填材としては、パッケージ基板を形成する際に用いた樹脂充填材と同様のもの等を用いることができる。

- また、この導体回路形成工程においては、スルーホール内に樹脂充填材層を形成した後、該樹脂充填材層のスルーホールからの露出面を覆う蓋めつき層を形成してもよい。蓋めつき層を形成することにより、スルーホールのランド上のみならず、蓋めつき層上にも半田パッドを形成することが可能となるため、設計の自由度がより向上するからである。
- 10

- 上記蓋めつき層は、樹脂充填材層の露出面を含む基板の表面に導体層を形成し、蓋めつき層形成部分にエッチングレジストを形成した後、エッチング処理を施したり、予め、蓋めつき層非形成部分にめっきレジストを形成しておき、めっき処理とめっきレジストの除去とを行うことにより形成することができる。
- 15

従って、この工程において、スルーホール上に蓋めつき層を形成する場合、下記の手順で処理を行うことにより、導体回路およびスルーホールの形成と蓋めつき層の形成とを同時に行うことができる。

- すなわち、まず、基板に貫通孔を形成した後、該貫通孔の壁面を含む基板の表面に導体層を形成し、ついで、その壁面に導体層の形成された貫通孔内に樹脂充填材を充填する。さらに、樹脂充填材の露出面、および、基板表面に形成した導体層上にめっき処理等により導体層を積層形成した後、導体回路非形成部およびスルーホール非形成部の導体層をエッチング除去することにより、導体回路およびスルーホールの形成と蓋めつき層の形成とを同時に行うことができる。
- 20

- (b) 次に、導体回路を形成した基板上の導体回路非形成部の少なくとも一部に接着剤層を形成する。なお、本明細書において、スルーホールのランド部分は導体回路に含むものとする。従って、スルーホールのランド部分は、導体回路非形成部には相当しない。
- 25

この工程では、後工程でパッケージ基板と貼り合わせる側の導体回路非形成部

の全部または一部に接着剤層を形成する。上記接着剤層は、パッケージ基板との十分な接着性が得られるように塗布すればよい。従って、後述する（c）の工程で貫通孔を形成する部分には、接着剤層を形成してもよいし、しなくてもよい。

- 5 上記接着剤としては、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化基の一部が感光化された樹脂、および、これらの複合体からなるもの等を用いることができる。

具体例としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、BT樹脂等が挙げられる。また、予め、シート状に成形された接着剤を用いてもよく、プリプレグを用いてもよい。

- 10 （c）次に接着剤層を形成した基板の一部に貫通孔を形成する。ここで形成する貫通孔内には、後工程において、光学素子が配設されることとなる。

上記貫通孔の形成は、ルータ加工等により行うことができる。

また、上記貫通孔の形成位置は特に限定されないが、通常、基板の中央に形成する。

- 15 また、この工程において、貫通孔を形成した後には、貫通孔壁面に存在するバリ等を除去するために、薬液処理や研磨処理等を施してもよい。

上記薬液処理は、クロム酸、過マンガン酸塩等の水溶液からなる酸化剤を使用して行うことができる。

- 20 このような（a）～（c）の工程を経ることにより光学素子挿入用基板を作製することができる。

次に、上記（A）～（C）の工程を経て作製したパッケージ基板と、上記（a）～（c）の工程を経て作製した光学素子挿入用基板とを該光学素子挿入用基板が有する接着剤層を介して貼り合わせた後、ICチップ実装用基板とする方法について説明する。

- 25 パッケージ基板と光学素子挿入用基板との貼り合わせは、ピンラミネート方式やマスラミネート方式等を用いて行うことができる。

具体的には、両者の位置合わせを行った後、接着剤層が軟化する温度（通常、60～200℃程度）まで昇温し、次いで、1～10MPa程度の圧力でプレスすることにより、パッケージ基板と光学素子挿入用基板とを貼り合わせる。その

後、下記（１）～（３）の工程を経てＩＣチップ実装用基板とする。

（１）まず、上記光学素子挿入用基板に形成した貫通孔より露出したパッケージ基板の表面に光学素子を取り付けた後、上記光学素子と上記パッケージ基板の導体回路とを電氣的に接続する。

- 5 上記光学素子の取り付け、および、電氣的な接続の方法は、光学素子に応じて適宜選択すればよい。

以下、ワイヤボンディング型の光学素子を用いる場合と、フリップチップ型の光学素子を用いる場合について、具体的に説明する。

- 10 ワイヤボンディング型の光学素子を用いる場合には、光学素子の取り付けは、共晶結合法、半田結合法、樹脂結合法等により行うことができる。また、銀ペーストや金ペーストを用いて、光学素子を取り付けてもよい。

- 15 上記樹脂結合法では、エポキシ系樹脂やポリイミド系樹脂等の熱硬化性樹脂を主剤とし、これらの樹脂成分以外に硬化剤やフィラー、溶剤等を含むペーストをパッケージ基板上に塗布し、次いで、光学素子をペースト上に載置した後、該ペーストを加熱硬化させることにより光学素子を取り付ける。

なお、上記ペーストの塗布は、ディスペンス法、スタンプング法、スクリーン印刷法等により行うことができる。

- 20 また、銀ペーストを用いる場合には、パッケージ基板上に銀ペーストを塗布し、ついで、光学素子をペースト上に載置した後、この銀ペーストを焼成することにより光学素子を取り付ける。

上記光学素子と上記パッケージ基板の金属層とを電氣的に接続には、ワイヤボンディングを用いる。ワイヤボンディングによる光学素子の接続は、取り付ける際の設計の自由度が大きく、経済的にも有利である。

- 25 上記ワイヤボンディングとしては、従来公知の方法、すなわち、ネイルヘッド・ボンディング法やウエッジ・ボンディング法を用いることができる。

また、フリップチップ型の光学素子を用いる場合には、光学素子の取り付けと、電氣的な接続とを同時に行うことができる。なお、フリップチップボンディングの方法としては、従来公知の方法を用いることができる。

また、光学素子としてフリップチップ型の光学素子を用いる場合には、該光学

素子と上記パッケージ基板との間隙を樹脂封止することが望ましい。

なお、樹脂封止は、後工程で光路用樹脂充填層を形成する際に、同時に光学素子とパッケージ基板との間隙に樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理することにより行えばよい。勿論、光路用樹脂充填層を形成する工程とは別に、樹脂封止

5 を行ってもよい。

なお、光学素子の電氣的な接続は、ワイヤボンディングやフリップチップボンディングに限定されるわけではなく、テープボンディング等を用いて行ってもよい。

（２）次に、上記光学素子挿入用基板に形成した貫通孔内に樹脂組成物を充填

10 し、光路用樹脂充填層を形成する。

樹脂組成物を充填する方法としては特に限定されず、印刷やポッティング等の方法を用いることができる。また、タブレット状にしたものをプランジャーを用いて充填してもよい。また、樹脂組成物を充填した後には、必要に応じて、硬化処理等を施す。

15 また、上記光路用樹脂充填層が２層以上からなる場合、内層光路用樹脂充填層と外層光路用樹脂充填層とからなる場合には、この工程では２回に分けて樹脂組成物を充填することとなる。

さらに、２層以上からなる光路用樹脂充填層に形成する工程で、充填した樹脂組成物に硬化処理を施す場合には、該硬化処理は、内層光路用樹脂充填層となる

20 樹脂組成物を充填した後に一度行い、外層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物を充填した後に再度行ってもよいし、内層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物と外層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物とをともに充填した後、同時に行ってもよい。どちらの方法を選択するかは、樹脂組成物に応じて適宜決定すればよい。

特に、内層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物と外層光路用樹脂充填層となる

25 樹脂組成物との硬化条件が異なる場合には、内層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物を充填した後、一度硬化処理を行い、その後、外層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物の充填と硬化処理とを行うことが望ましい。また、この方法を用いた場合には、内層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物と外層光路用樹脂充填層となる樹脂組成物とがその界面で混ざり合うことがない。

さらに、この工程では、貫通孔から露出した樹脂組成物の露出面に研磨処理を施し、その露出面を平坦にすることが望ましい。露出面を平坦にすることにより、光信号の伝送が阻害されるおそれがより少なくなるからである。

- 上記研磨処理は、バフ研磨、紙やすり等による研磨、鏡面研磨、クリーン研磨、
5 ラッピング等により行うことができる。また、酸や酸化剤、薬液等を用いた化学研磨を行ってもよい。また、これらの方法を2種以上組み合わせて研磨処理を行ってもよい。

- 上記光路用樹脂充填層を形成した後には、必要に応じて、該光路用樹脂充填層の露出面（多層プリント配線板と対向する面）の一部にマイクロレンズを配設する。
10

上記光路用樹脂充填層の露出面の一部にマイクロレンズを配設するには、透明の接着剤層を介して所定の位置に配設してもよいし、該光路用樹脂充填層の露出面の所定の位置に直接配設してもよい。

- 上記光路用樹脂充填層の露出面にマイクロレンズを直接配設する方法としては、
15 未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂充填層上に適量滴下し、この滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施す方法等が挙げられる。

また、上記未硬化の光学レンズ用樹脂は、その粘度が10～50 c p s (m P · s)であることが望ましい。上記粘度がこの範囲にある場合には、樹脂を滴下した際に、表面張力により半球状となるからである。

- 20 上記未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂充填層上に適量滴下する際には、ディスペンサー、インクジェット、マイクロピペット、マイクロシリンジ等の装置を用いることができる。

- このような装置を用いて、光路用樹脂層上に滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、その表面張力により球形になろうとするため、上記光路用樹脂充填層の露出面で半球状となり、その後、半球状の未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を
25 施すことで、光路用樹脂層上に半球状のマイクロレンズ（凸形状のレンズ）を配設することができる。

なお、上述した方法により形成するマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、光路用樹脂充填層と未硬化の光学レンズ用樹脂との濡れ性等を考慮しながら、適

宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

また、上記光路用樹脂充填層を形成した後は、必要に応じて、上記パッケージ基板と上記光学素子挿入用基板とを貫通するスルーホールを形成してもよい。

- 具体的には、まず、上記パッケージ基板と上記光学素子挿入用基板とを貫通するスルーホール用貫通孔をドリル加工やレーザ処理等により形成し、次に、このスルーホール用貫通孔の壁面を含むパッケージ基板の露出面および光学素子挿入用基板の露出面に無電解めっき、スパッタリング等により薄膜導体層を形成する。さらに、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成した後、該めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の薄膜導体層を除去することにより、上記パッケージ基板と上記光学素子挿入用基板とを貫通するスルーホールを形成する。

上記薄膜導体層の材質としては、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。

- これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。

また、上記薄膜導体層の厚さとしては、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、 $0.6 \sim 1.2 \mu\text{m}$ が望ましい。また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ が望ましい。

- 上記電解めっきとしては、銅めっきが望ましく、その厚さとしては、 $5 \sim 20 \mu\text{m}$ が望ましい。

また、上記めっきレジストの除去は、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。

- また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。

また、スルーホールを形成した後は、該スルーホール内に樹脂組成物を充填し、その後、必要に応じて、硬化処理を施すことにより、樹脂充填材層を形成す

ることが望ましい。なお、上記樹脂組成物としては、パッケージ基板の作製において、スルーホール内を充填する際に用いた樹脂組成物と同様のもの等を用いることができる。

- 5 また、スルーホール内に樹脂充填材層を形成した場合には、必要に応じて、無電解めっき等を行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。蓋めっき層を形成することにより、スルーホールのランド上のみならず、蓋めっき層上にもはんだパッドを形成することが可能となるため、設計の自由度がより向上するからである。

- 10 また、上述したようなめっきレジストを形成した後、電解めっき層を形成する方法に代えて、薄膜導体層上の全面に電解めっき層を形成した後、電解めっき層上にエッチングレジストや半田めっき層を形成し、さらに、エッチング処理を施す方法を用いて上記光学素子挿入用基板と上記パッケージ基板とを貫通するスルーホールを形成してもよい。

- 15 なお、ここで説明したスルーホールの形成は、必ずしも、光学素子の実装、光路用樹脂充填層の形成、および、マイクロレンズの配設を行った後に行う必要はなく、光学素子を実装する前に行ってもよいし、光路用樹脂充填層を形成する前に行ってもよいし、マイクロレンズを配設する前に行ってもよい。

(3) 次に、上記パッケージ基板の露出面や上記光学素子挿入用基板の露出面に solder レジスト層を形成する。

- 20 具体的には、未硬化の solder レジスト組成物をロールコートやカーテンコータ等により塗布したり、フィルム状に成形した solder レジスト組成物を圧着したりした後、硬化処理を施すことにより solder レジスト層を形成する。

上記 solder レジスト組成物としては、パッケージ基板を作製する際に用いた solder レジスト組成物と同様のもの等を用いることができる。

- 25 なお、この工程においては、上記(2)の工程で形成した光路用樹脂充填層上には、solder レジスト層を形成する必要がある。

また、上記(2)の工程においてパッケージ基板と光学素子挿入用基板とを貫通するスルーホールを形成しなかった場合には、この工程において、パッケージ基板の露出面に solder レジスト層を形成しなくてもよい。この工程を行う前に、

パッケージ基板の露出面全部には、既にソルダーレジスト層が形成されているからである。

また、上記ソルダーレジスト層には、必要に応じて、レーザ処理や露光現像処理により半田バンプ形成用開口（ＩＣチップを実装するための開口や多層プリント配線板と接続するための開口）を形成する。この際、使用するレーザとしては、
5 上述したバイアホール用開口を形成する際に用いるレーザと同様のもの等が挙げられる。

なお、ここで説明したソルダーレジスト層の形成は、必ずしも、光学素子の実装（上記（１）の工程）、光路用樹脂充填層の形成やマイクロレンズの配設（上
10 記（２）の工程）を行った後に行う必要はなく、光学素子を実装する前に行ってもよいし、光路用樹脂充填層を形成する前に行ってもよいし、マイクロレンズを配設する前に行ってもよい。

なお、上述したように、パッケージ基板と光学素子挿入用基板とを貫通するスルーホールを形成する場合は、上記ソルダーレジスト層の形成は、スルーホール
15 を形成した後に行う。

次に、上記半田バンプ形成用開口の底面に露出した導体回路の表面に、必要に応じて、金属層を形成する。

上記金属層は、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により上記導体回路表面を被覆することにより形成することができる。

20 具体的には、ニッケル－金、ニッケル－銀、ニッケル－パラジウム、ニッケル－パラジウム－金等の金属により形成することが望ましい。

また、上記金属層は、めっき、蒸着、電着等の方法を用いて形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきが望ましい。なお、この金属層は、後工程で半田バンプ等を形成する際に半田パッドと
25 しての役割を果たすこととなる。

さらに、必要に応じて、ＩＣチップを実装するための開口（ＩＣチップ実装用開口）や、多層プリント配線板と接続するための開口（多層プリント配線板接続用開口）に相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してＩＣチップを実装したり、多層プリント配線板を接続したりすることが可能となる。

なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するＩＣチップや接続する多層プリント配線板のバンプを介してこれらとＩＣチップ実装用基板とを電氣的に接続することができる。

このような工程を経ることにより、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板を製造することができる。

次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

(１) まず、上記パッケージ基板の作製の(A)の工程と同様にして、基板の両面に導体回路を形成するとともに、基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成する。また、この工程でも、導体回路の表面やスルーホールの壁面に、必要に応じて、粗化面を形成する。

(２) 次に、必要に応じて、上記パッケージ基板の作製の(B)の工程と同様にして、導体回路を形成した基板上に層間絶縁層と導体回路とを積層形成する。

また、この(２)の工程、すなわち、層間絶縁層と導体回路とを積層する工程は、１回のみ行ってもよいし、複数回行ってもよい。

(３) 次に、ＩＣチップ実装用基板と対向する側の基板上、または、層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

上記光導波路の形成は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、多層プリント配線板の製造方法の(３)の工程と同様の方法等により行うことができる。

また、上記光導波路には、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、光路変換ミラーを形成する。また、光路変換ミラーを形成する代わりに光路変換部材を埋め込んでもよい。

なお、この多層プリント配線板の製造方法においても、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、上記光導波路を、基板と層間絶縁層との間や、層間絶縁層同士の間形成する場合もある。

また、基板と層間絶縁層との間や層間絶縁層同士の間形成する場合にも、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、多層プリント配線板

の製造方法の（３）の工程と同様の方法等を用いることができる。

さらに、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板においては、ＩＣチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路が形成されていてもよく、このような位置に光導波路が形成された

5 多層プリント配線板を製造する場合には、上記光導波路と、上記ＩＣチップ実装用基板に実装された光学素子との間で光信号の伝送を行うことができるように、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路を形成する必要があるが、このような光信号伝送用光路は、光導波路を形成する前に、または、光導波路を形成した後

- 10 具体的には、上記（１）および（２）の工程を経ることにより、多層配線板を作製した後、光導波路を形成する前に、該多層配線板を貫通する光路用貫通孔を形成し、その後、上記光路用貫通孔を介してＩＣチップ実装用基板との間で光信号を伝送することができる位置に、上述した方法で光導波路を形成し、さらに、後述する工程を経て多層プリント配線板とすればよい。なお、上記光路用貫通孔
- 15 を形成した後には、必要に応じて、その内部や壁面に光路用樹脂層や導体層を形成してもよい。

（４）次に、光導波路を形成した基板の最外層に溶剤レジスト組成物の層を形成する。

- 上記溶剤レジスト組成物の層は、本群の第二の発明においてＩＣチップ実装用基板の溶剤レジスト層を形成する際に用いた樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。
- 20

なお、場合によっては、上記（３）の工程で基板の最外層全体に光導波路を形成し、光導波路が溶剤レジスト層としての役割を果たすようにしてもよい。

- （５）次に、ＩＣチップ実装用基板と対向する側の溶剤レジスト層に半田
- 25 バンプ形成用開口（ＩＣチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装するための開口）と光路用開口とを形成する。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、ＩＣチップ実装用基板に半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。

なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

これらのなかでは、ソルダーレジスト層を形成する際に、その材料として感光性樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。

露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷をつけるおそれがないからである。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

なお、光路用貫通孔を形成し、ＩＣチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成する場合には、この工程で光路用開口を形成する際に、光路用開口を上記光路用貫通孔と連通するように形成する。

また、必要に応じて、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。

後工程を経ることにより、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

(６) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、パッケージ基板の製造方法の(c)の工程と同様の方法を用いて行えばよい。

(７) 次に、必要に応じて、上記(５)の工程で形成した光路用開口内に、未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成する。

なお、この工程で充填する未硬化の樹脂組成物は、ＩＣチップ実装用基板の製造工程で、光路用樹脂充填層を形成するために用いた樹脂組成物、特に、上層光路用樹脂充填層を形成するために用いた樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

また、上述したように、ＩＣチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反

対側に光導波路を形成するために、光路用貫通孔と光路用開口とを形成した場合には、該光路用貫通孔と該光路用開口とに未硬化の樹脂組成物を充填してもよく、ここで、上記未硬化の樹脂組成物を充填する場合には、上記光路用貫通孔と上記光路用開口とに同時に充填し、その後硬化処理を施してもよいし、多層配線板に

5 光路用貫通孔を形成した後、未硬化の樹脂組成物の充填と硬化処理とを行い、その後、光路用開口を有するソルダーレジスト層を形成し、さらに、未硬化の樹脂組成物の充填と硬化処理とを行ってもよい。

(8) 次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

10

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介して I C チップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装することが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装する I C チップ実装用基板や各種表面実装型電子部品のバンプを

15 介してこれらを実装することができる。

また、I C チップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、特に、外部接続端子を形成しなくてもよいし、必要に応じて、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGA や BGA としてもよい。

このような工程を経ることにより、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイス

20 バイスを構成する多層プリント配線板を製造することができる。

第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、次に、I C チップ実装用基板の光学素子と多層プリント配線板の光導波路との間で、光路用樹脂充填層を介して光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定する。

ここでは、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置した後、

25 上記 I C チップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電氣的に接続するとともに、両者を固定する。すなわち、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。

なお、上述したように、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との両者

を固定するための半田バンプは、両者のどちらか一方にのみ形成されていてもよい。

- また、この工程では、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田の有するセルフアライメント効果により両者を所定の位置に配置することができる。

- 次に、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に、封止用樹脂組成物を流し込み、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成する。なお、ＩＣチップ実装用基板の周囲にディスペンサー等を用いて封止用樹脂組成物を塗布した後、放置することにより、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を浸透させてもよい。さらには、注射器で封止用樹脂組成物を塗布してもよい。

上記封止用樹脂組成物としては、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法で用いる封止用樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。

- ここで、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の間に流し込む封止用樹脂組成物の粘度や、該封止用樹脂組成物を流し込んだ後の硬化処理の条件としては、封止用樹脂組成物の組成、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計等を考慮して適宜選択すればよい。具体的には、例えば、樹脂組成物の粘度は、 $20 \sim 100 \text{ cps (mP} \cdot \text{s)}$ が望ましい。

- 次に、ＩＣチップ実装用基板にＩＣチップを実装し、その後、必要に応じて、ＩＣチップの樹脂封止を行うことにより光通信用デバイスとする。

上記ＩＣチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。

- また、ＩＣチップの実装を、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する前に行い、ＩＣチップを実装したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信用デバイスとしてもよい。

次に、第四群の本発明について説明する。

まず、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスについて説明する。第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、

少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

上記光導波路と、上記光学素子とが上記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする。

- 5 第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、所定の位置に光学素子の実装されたＩＣチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

- 10 また、上記光通信用デバイスでは、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

- また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間には、封止樹脂層が形成されていることが望ましい。封止樹脂層が形成されている場合には、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物
15 等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

- さらに、封止樹脂層が形成されている場合には、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができるため、例えば、ＩＣチップ実装用
20 基板と多層プリント配線板とを接続する半田バンプ付近での破断等を防止することができる。また、上記封止樹脂層を形成した場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくく、光学素子と光導波路との間での光信号の伝送も阻害されない。

- 従って、このような点からもＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との
25 間に封止樹脂層が形成されている場合には、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、半田バンプを介して電氣的に接続されていることが望ましい。半田が有するセルフアライメント作用により両者

をより確実に所定の位置に配置することができるからである。

このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記多層プリント配線板上に、上記 I C チップ実装用基板を接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記 I C チップ実装用基板が移動し、該 I C チップ実装用基板を上記多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。

従って、上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板とのそれぞれに、受光素子や発光素子、光導波路等の光学部品を正確な位置に取り付けておけば、半田バンプを介して上記多層プリント配線板上に、上記 I C チップ実装用基板を接続することにより接続信頼性に優れる光通信用デバイスを製造することができる。

以下、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。

図 4 9 は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 4 9 には、I C チップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

図 4 9 に示すように、光通信用デバイス 4 1 5 0 は、I C チップ 4 1 4 0 を実装した I C チップ実装用基板 4 1 2 0 と多層プリント配線板 4 1 0 0 とから構成され、I C チップ実装用基板 4 1 2 0 と多層プリント配線板 4 1 0 0 とは、半田接続部 4 1 3 7 を介して電氣的に接続されている。

また、I C チップ実装用基板 4 1 2 0 と多層プリント配線板 4 1 0 0 との間には、封止樹脂層 4 1 6 0 が形成されている。

I C チップ実装用基板 4 1 2 0 は、基板 4 1 2 1 の両面に導体回路 4 1 2 4、4 1 2 5 と層間絶縁層 4 1 2 2 とが積層形成され、基板 4 1 2 1 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 4 1 2 2 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 4 1 2 9 およびバイアホール 4 1 2 7 により電氣的に接続されている。また、最外層には、ソルダーレジスト層 4 1 3 4 が形成されている。

この I C チップ実装用基板 4 1 2 0 では、両面に導体回路 4 1 2 4、4 1 2 5 や層間絶縁層 4 1 2 2、ソルダーレジスト層 4 1 3 4 が形成された基板 4 1 2 1

を貫通する光信号伝送用光路 4 1 4 1 (4 1 4 1 a、4 1 4 1 b) が形成されており、光信号伝送用光路 4 1 4 1 は、その壁面に導体層 4 1 4 5 が形成され、その内部に光路用樹脂層 4 1 4 2 が形成されている。

なお、上記導体層は、形成されていなくてもよい。

- 5 さらに、I Cチップ実装用基板 4 1 2 0 の一の面には、受光部 4 1 3 8 a および発光部 4 1 3 9 a のそれぞれが光信号伝送用光路 4 1 4 1 に対向するように、受光素子 4 1 3 8 および発光素子 4 1 3 9 が半田接続部 4 1 4 4 を介して表面実装されるとともに、I Cチップ 4 1 4 0 が半田接続部 4 1 4 3 を介して表面実装されている。

- 10 多層プリント配線板 4 1 0 0 は、基板 4 1 0 1 の両面に導体回路 4 1 0 4 と層間絶縁層 4 1 0 2 とが積層形成され、基板 4 1 0 1 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 4 1 0 2 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 4 1 0 9 およびバイアホール 4 1 0 7 により電氣的に接続されている。

- 15 また、多層プリント配線板 4 1 0 0 の I Cチップ用実装基板 4 1 2 0 と対向する側の最外層には、光路用開口 4 1 1 1 と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層 4 1 1 4 が形成されるとともに、光路用開口 4 1 1 1 (4 1 1 1 a、4 1 1 1 b) 直下に光路変換ミラー 4 1 1 9 (4 1 1 9 a、4 1 1 9 b) を備えた光導波路 4 1 1 8 (4 1 1 8 a、4 1 1 8 b) が形成されており、光路用開口 4 1 1 1 内には、光路用樹脂層 4 1 0 8 が形成されている。

- 20 このような構成からなる光通信用デバイス 4 1 5 0 では、光ファイバ等(図示せず)を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路 4 1 1 8 a に導入され、光路変換ミラー 4 1 1 9 a および光路用開口 4 1 1 1 a、さらには、封止樹脂層 4 1 6 0、光信号伝送用光路 4 1 4 1 a を介して受光素子 4 1 3 8 (受光部 4 1 3 8 a) に送られた後、受光素子 4 1 3 8 で電気信号に変換され、さらに、導体回路および半田接続部を介して I Cチップ 4 1 4 0 に送られることとなる。

25 また、I Cチップ 4 1 4 0 から送り出された電気信号は、半田接続部および導体回路を介して発光素子 4 1 3 9 に送られた後、発光素子 4 1 3 9 で光信号に変換され、この光信号が発光素子 4 1 3 9 (発光部 4 1 3 9 a) から光信号伝送用光路 4 1 4 1 b、封止樹脂層 4 1 6 0、光路用開口 4 1 1 1 b および光路変換ミ

ラー 4 1 1 9 b 介して光導波路 4 1 1 8 b に導入され、さらに、光ファイバ等（図示せず）を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

このような第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスでは、I C チップ実装用基板内、すなわち、I C チップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができるとともに、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

また、上記光通信用デバイスでは、I C チップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他の I C チップ等の電子部品に送られることとなる。

また、図 4 9 に示す光通信用デバイス 4 1 5 0 では、I C チップ実装用基板 4 1 2 0 と多層プリント配線板 4 1 0 0 との間に封止樹脂層 4 1 6 0 が形成されている。このように、I C チップ実装用基板と、多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている光通信用デバイスは、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、ゴミや異物の存在により光信号の伝送が阻害されることがないため、より信頼性に優れることとなる。

上記封止樹脂層としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層の材料と同様のもの等が挙げられる。

また、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が 7 0 % / mm 以上であることが望ましい。

通信波長光の透過率が 7 0 % / mm 未満では、光信号の損失が大きく、光通信用デバイスの信頼性の低下に繋がることからである。上記透過率は、9 0 % / mm 以上であることがより望ましい。

特に、上記封止樹脂層が上述した樹脂成分のみからなる場合には、その透過率は、9 0 % / mm 以上であることが望ましく、後述するように、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、その透過率は、7 0 % / mm 以上であることが望

ましい。

また、上記封止樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていることが望ましい。

- 5 粒子を含ませることにより、上記 I C チップ実装用基板や上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。

- 10 なお、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおける、その構成部材の熱膨張係数（z 軸方向）もまた、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの構成部材と同様である。

従って、封止樹脂層に粒子が配合されていると、該封止樹脂層と光通信用デバイスを構成する他の構成部材との熱膨張係数の差が小さくなる。そのため、応力が緩和されることとなる。

- 15 また、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

- 20 また、上記封止樹脂層に粒子を配合する場合、該封止樹脂層の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、粒子を配合する場合には、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層と同様、粒子の屈折率が樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。

- 25 上記樹脂粒子、無機粒子および金属粒子の具体例としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも 2 種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

また、上記粒子の形状や粒径、配合量も第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに形成される封止樹脂層に含まれる粒子と同様である。

なお、上記封止樹脂層の組成は、光信号の伝送損失、耐熱性、曲げ強度等の信

頼性に影響を及ぼすため、その具体的な組成は、封止樹脂層が光信号の低損失性、優れた耐熱性や耐クラック性を満たすように適宜選択すれば良い。

第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスでは、上記光信号伝送用光路の屈折率と、上記封止樹脂層の屈折率とが同一であることが望ましい。上記光信号伝送用光路の屈折率が、上記封止樹脂層の屈折率よりも小さい場合には、光信号伝送用光路を介して伝送される光信号が受光素子の受光部に向かって集光することとなり、上記発光素子から送り出された光信号は、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面で広がらない方向に屈折することとなるものの、両者の屈折率が異なることに起因して、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面で光信号の反射が発生することとなり、その結果、光信号の伝送損失が大きくなる。従って、光信号の伝送損失を小さくするには、光信号伝送用光路の屈折率と上記封止樹脂層の屈折率とは同一であることが望ましく、通常は、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面での光信号の反射の度合いと、屈折の度合いとを考慮して、両者の屈折率を適宜選択することとなる。

なお、上記封止樹脂層等に用いられる樹脂成分の屈折率は、エポキシ樹脂が1.50～1.60程度、アクリル樹脂が1.40～1.55程度、ポリオレフィンが1.55～1.65程度であり、上記封止樹脂層等の屈折率を調整する方法としては、樹脂成分の一部をフッ素化したり、フェニル化したりすることにより分極率を変化させたり、樹脂成分の一部を重水素化することにより分子量を変化させて、樹脂成分の屈折率を変える方法等が挙げられる。なお、このような屈折率の調整方法は、光導波路の屈折率を調整する方法としても用いることができる。

なお、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、上記封止樹脂層は、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域のうち、光信号の光路に該当しない領域にのみ封止樹脂層が形成されていてもよい。具体的には、例えば、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域の外周付近にのみ封止樹脂層が形成されていてもよい。

光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことを防止するという第二群の本発明の効果を得ることができるとともに、光路信号の光路が空気により構成されることとなるため、封止樹脂層により光信号の

伝送が阻害されるおそれがなくなり、封止樹脂層の材料の選択性がより広がることとなるからである。

上記光通信用デバイスにおいて、光信号伝送用光路は、図49に示すように、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。上述したように第四

- 5 群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることが望ましいのであるが、光信号伝送用光路の内部が空隙により構成されている場合には、封止樹脂層を形成する際に、該光信号伝送用光路内の一部に封止樹脂層が入り込んでしまうことがあり、これにより光信号の伝送が阻害されてしまうことがあるからである。

- 10 また、上記光通信用デバイスでは、図49に示すように、光信号伝送用光路の壁面に導体層が形成されていることが望ましい。光信号伝送用光路の壁面に導体層を形成することにより、上記光信号伝送用光路の壁面での光の乱反射を低減し、光信号の伝送性を向上させることができるからである。

- また、上記光通信用デバイスでは、多層プリント配線板に設けられた光路用開口内にも光路用樹脂層が形成されていることが望ましく、この場合、上記光路用樹脂層の屈折率と封止樹脂層の屈折率とは同一であることが望ましい。両者の屈折率が同一である場合には、光信号伝送用光路の屈折率と封止樹脂層の屈折率とが同一の場合と同様、光信号の伝送損失を小さくすることができるからである。

- さらに、上記光路用開口内が空隙である場合には、上記光通信用デバイス製造時の封止樹脂層を形成する工程において、封止樹脂層を形成するための未硬化の樹脂組成物が上記光路用開口の空隙内に入り込み、その際にボイドが発生することがあり、このようなボイドの発生は光通信用デバイスの光信号伝送能に悪影響を及ぼすことがあるが、光路用開口内に光路用樹脂層を形成した場合には、このような問題が発生することがない。

- 25 また、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成され、さらに、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されるとともに、上記光路用開口の内部にも光路用樹脂層が形成されている場合には、上記封止樹脂層、ならびに、上記光信号伝送用光路および上記光路用開口内の光路用樹脂層のそれぞれの屈折率は同一であることが望ましい。このように三者の

屈折率が同一である場合には、上記封止樹脂層と上記光路用樹脂層との界面で光信号の反射が起こらないからである。

また、上記光通信用デバイスにおいては、上記光信号伝送用光路の少なくとも片側の端部にマイクロレンズが配設されていることが望ましい。なお、光信号伝

5 送用光路の両端に形成されていてもよい。

図50は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの別の一実施形態を模式的に示す断面図である。

図50に示す光通信用デバイス4250では、図49に示した光通信用デバイス4150と同様、ICチップ実装用基板4220と多層プリント配線板4200とから構成され、ICチップ実装用基板4220と多層プリント配線板4200との間には、封止樹脂層4260が形成されている。

また、ICチップ実装用基板4220では、その内部に光路用樹脂層4242が形成された光信号伝送用光路4241の多層プリント配線板4200側の端部にマイクロレンズ4246が配設されている。

15 このように、マイクロレンズを配設することにより、光学素子（受光素子および発光素子）と光導波路との間で、より確実に光信号を伝送することができる。

なお、光通信用デバイス4250の実施形態は、ICチップ実装用基板4220の光信号伝送用光路4242の一端にマイクロレンズ4246が配設されている以外は、光通信用デバイス4150の実施形態と同一である。

20 また、上記光信号伝送用光路の一端（多層プリント配線板側）に配設されるマイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号を集光させることができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

25 また、上記マイクロレンズが、図50に示すような片面（封止樹脂層側）にのみ凸面を有する凸形状レンズである場合、上記マイクロレンズの曲率半径は、上記マイクロレンズの焦点距離を考慮して適宜選択する。具体的には、マイクロレンズの焦点距離を長くする場合には曲率半径を小さくし、焦点距離を短くする場合には、曲率半径を大きくする。

また、上記マイクロレンズが配設され、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、上記マイクロレンズの屈折率は、上記光路用樹脂層の屈折率より大きくてもよいし、上記光路用樹脂層の屈折率と同一であってもよい。

- 5 また、図示はしていないが、多層プリント配線板の光路用開口の内部にも光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用開口の封止樹脂層側の端部にもマイクロレンズが配設されていることが望ましく、この場合、マイクロレンズの屈折率は、上記封止樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。

- 10 また、光路用開口の端部にもマイクロレンズが配設されており、かつ、内部に光路用樹脂層が形成された光路用開口と、内部に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路との厚さが略同一である場合には、光路用開口の端部に配設されたマイクロレンズの屈折率と、光信号伝送用光路の端部に配設されたマイクロレンズの屈折率とは、略同一であることが望ましい。

- 15 このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号伝送用光路を集光することができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

上記マイクロレンズとしては特に限定されず、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスに配設されるマイクロレンズと同様のもの等が挙げられる。

- 20 上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設する場合、透明な接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設すればよく、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層に直接配設されていてもよい。

- 25 なお、光路用開口の端部にマイクロレンズを配設する場合も同様に、透明な接着剤層を介して光路用開口の端部に配設すればよく、光路用開口の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層に直接配設されていてもよい。

上記マイクロレンズの取り付け位置は、ICチップ実装用基板に形成された光信号伝送用光路の封止樹脂層側（多層プリント配線板と対向する側）の端部が望ましいものの、ここに限定されるわけではなく、光信号伝送用光路の光学素子側の端部に取り付けられていてもよいし、光信号伝送用光路の両端部に取り付けら

れていてもよい。

上記マイクロレンズの形状は、図50に示したような凸形状のレンズに限定されるわけではなく、光信号を所望の方向に集光することができるものであればよい。

- 5 また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、多層プリント配線板に接続されるICチップ実装用基板の数は、1個に限定されず、複数個であってもよい。多層プリント配線板に接続されるICチップ実装用基板は、複数のICチップ実装用基板が積み重ねられたものであってもよい。

- 10 次に、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの他の構成部材等について説明する。

第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、光学素子（受光素子、発光素子）が実装されている。

上記受光素子や発光素子の具体例としては、第一群の本発明の第一の発明ICチップ実装用基板に実装される受光素子や発光素子と同様のもの等が挙げられる。

- 15 なお、ICチップ実装用基板に実装された光学素子は、その周囲が樹脂封止されていてもよい。また、上記実装された光学素子とソルダーレジスト層や光路用樹脂層との間が樹脂封止されていてもよく、この場合、樹脂封止は、封止樹脂層の材料と同様の材料等を用いて行われていけばよい。また、光学素子とソルダーレジスト層や光路用樹脂層とに挟まれた領域の全体が樹脂封止されていてもよい。
- 20 し、上記はさまれた領域の外周付近のみが樹脂封止されていてもよい。

また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板には、光信号伝送用光路が形成されており、上記ICチップ実装用基板に実装された光学素子と、上記多層プリント配線板に形成された光導波路との間で、上記光信号伝送用光路を介して、光信号を伝送することができる。

- 25 上記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。このように光路用樹脂層が形成されていることは、上述したように、封止樹脂層を形成するのに適しており、また、光学素子と光導波路との間にゴミや異物等が入り込むおそれがより少なくなるからである。

さらに、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合に

は、ＩＣチップ実装用基板の強度も優れるものとなる。

なお、場合によっては、上記光信号伝送用光路の内部の一部または全部は、空隙により構成されていてもよい。

また、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合、その樹脂成分は通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、具体例としては、上記封止樹脂層に用いる樹脂と同様のもの等が挙げられる。

また、上記光路用樹脂層には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間絶縁層、ソルダーレジスト層等の間で熱膨張係数の整合を図ることができる。

上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。これが、光信号の伝送に最も影響を与えない形状であり、その形成自体も容易だからである。

また、上記光信号伝送用光路の断面の径の望ましい下限は、 $100\mu\text{m}$ である。上記断面の径が $100\mu\text{m}$ 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層を形成することが困難になることがあるからである。一方、上記断面の径の望ましい上限は、 $500\mu\text{m}$ である。 $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、ＩＣチップ実装用基板に形成する導体回路の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。

上記断面の径は、光信号の伝送性と設計の自由度とがともににより優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないという点から、そのより望ましい下限が $250\mu\text{m}$ であり、より望ましい上限が $350\mu\text{m}$ である。

なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

上記光信号伝送用光路は、その壁面に導体層が形成されていることが望ましく、上記導体層は、1層から構成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。

上記導体層の材料としては、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げられる。

また、上記導体層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、すなわち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

また、上記導体層の材料は、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等の光沢を有する金属であってもよい。このような光沢を有する金属を用いて形成された導体層では、光信号が好適に反射することとなる。

また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。上記被覆層や粗化層を設けることにより、光信号伝送用光路と光路用樹脂層との密着性を向上させたりすることができる。

また、上記光信号伝送用光路の内部に、導体層や光路用樹脂層が形成されている場合、これらは、基板や層間絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記導体層が粗化面を介して接している場合には、基板や層間絶縁層との密着性に優れ、導体層等の剥離がより発生しにくくなるからである。

また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されている。

上記光導波路としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板に形成される光導波路と同様のもの等が挙げられる。

なお、図49、50に示す多層プリント配線板においては、ICチップ実装用基板と対向する側の最外層の層間絶縁層上に光導波路が形成されているが、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおける光導波路の形成位置は、ここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板と層間絶縁層との間であってもよい。さらには、ICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上や、層間絶縁層同士の間、基板と層間絶縁層との間等であってもよい。

すなわち、光導波路は、図 6 2 に示す光通信用デバイスのように、多層プリント配線板の I C チップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上に形成されていてもよい。

図 6 2 は、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

図 6 2 に示す光通信用デバイス 4 3 5 0 もまた、図 4 9 に示す光通信用デバイス 4 1 5 0 と同様、I C チップ実装用基板 4 3 2 0 と多層プリント配線板 4 3 0 0 とから構成され、I C チップ実装用基板 4 3 2 0 と多層プリント配線板 4 3 0 0 とは、半田接続部 4 3 3 7 を介して電氣的に接続されている。

10 また、I C チップ実装用基板 4 3 2 0 と多層プリント配線板 4 3 0 0 との間には、封止樹脂層 4 3 6 0 が形成されている。

I C チップ実装用基板 4 3 2 0 の構成は、図 4 9 に示した I C チップ実装用基板 4 1 2 0 の構成と略同一である。

15 また、多層プリント配線板 4 3 0 0 は、基板 4 3 0 1 の両面に導体回路 4 3 0 4 と層間絶縁層 4 3 0 2 とが積層形成され、基板 4 3 0 1 を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層 4 3 0 2 を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール 4 3 0 9 およびバイアホール 4 3 0 7 により電氣的に接続されている。さらに、多層プリント配線板の最外層には、半田バンプを備えたソルダーレジスト層 4 3 1 4 が形成されている。

20 また、多層プリント配線板 4 3 0 0 の I C チップ実装用基板 4 3 2 0 と対向する側と基板 4 3 0 1 を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上には、光路変換ミラー 4 3 1 9 を備えた光導波路 4 3 1 8 が形成されており、この光導波路 4 3 1 8 と I C チップ実装用基板 4 3 2 0 に形成された光信号伝送用光路 4 3 4 1 との間で光信号の伝送を行うことができるように、基板 4 3 0 1、層間絶縁層 4 3 0 2
25 および I C チップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層 4 3 1 4 を貫通する光信号伝送用光路 4 3 5 2 が形成されている。

なお、光信号伝送用光路 4 3 5 1 は、その壁面に導体層 4 3 5 5 が形成され、その内部に光路用樹脂層 4 3 5 2 が形成されているが、これらの導体層および光路用樹脂層は、必要に応じて形成すればよい。

このような構成からなる光通信用デバイスでは、多層プリント配線板 4 3 0 0 に形成された光信号伝送用光路 4 3 5 1 を介して光信号の伝送を行うことができる。

また、図 4 9、5 0 および 6 2 に示す光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板においては、最外層の層間絶縁層上に光導波路が形成され、さらに、この層間絶縁層および光導波路を覆うようにソルダーレジスト層が形成されているが、このソルダーレジスト層は、必ずしも形成されている必要はなく、最外層の層間絶縁層上全体に光導波路が形成され、この光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たしていてもよい。

- 10 このような構成からなる第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、後述する第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法等により製造することができる。

次に、第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。

- 15 第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法は、光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

- 20 上記 I C チップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

- 25 第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることのない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

また、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成

することにより、得られた光通信デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記 ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

- 5 従って、本発明の製造方法では、信頼性に優れる光通信デバイスを好適に製造することができる。

上記光通信デバイスの製造方法では、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造する。

- 従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板の製造方法と、多層プリント配線板の製造方法とを別々に説明し、その後、封止樹脂層を形成する方法について説明することとする。
- 10

まず、ICチップ実装用基板の製造方法について説明する。

(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

- 15 具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、ICチップ実装用基板の製造方法の(1)の工程と同様の工程を行えばよい。

(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、ICチップ実装用基板の製造方法の(2)の工程と同様の工程を行えばよい。

- 20 (3) 次に、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。

- 具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、ICチップ実装用基板の製造方法の(3)の工程と同様の工程を行えばよい。
- 25

(4) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール貫通孔を形成してもよい。

具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、I Cチップ実装用基板の製造方法の（４）の工程と同様の工程を行えばよい。

（５）次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に、導体回路を形成する。

- 5 導体回路を形成するにあたっては、まず、層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、I Cチップ実装用基板の製造方法の（５）の工程と同様の工程を行えばよい。

- 10 （６）次いで、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成する。

具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、I Cチップ実装用基板の製造方法の（６）の工程と同様の工程を行えばよい。

（７）その後、薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。

- 15 具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、I Cチップ実装用基板の製造方法の（７）の工程と同様の工程を行えばよい。

- また、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、I Cチップ実装用基板を製造する際の導体回路の形成方法は、アディティブ法に限定されるわけではなく、サブトラクティブ法であってもよい。サブトラクティブ法としては、第二群
20 の本発明の第二の発明の製造方法で説明した方法を用いることができる。

なお、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、導体回路の形成方法として、アディティブ法を選択するか、サブトラクティブ法を選択するかは、導体回路の幅や間隔、実装するI Cチップや光学素子、その他の各種電子部品等の接続端子の数やピッチ等を考慮して適宜選択すればよい。

- 25 また、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、上記（４）および（５）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。

また、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填

材層の表層部を覆う蓋めつき層を形成してもよい。

(8) 次に、蓋めつき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めつき層の表面に粗化処理を行い、さらに、(3) および (4) の工程を繰り返すことにより最外層の層間絶縁層を形成することができる。

- 5 (9) その後、必要に応じて、(3) ~ (8) の工程を繰り返すことにより、その両面に導体回路と層間絶縁層とを積層形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

このような (1) ~ (9) の工程を行うことにより、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成された多層配線板を製造することができる。

- 10 (10) 次に、上記多層配線板を貫通する貫通孔を形成する。ここで形成する貫通孔は、後工程を経て、ICチップ実装用基板における光信号伝送用光路となる。従って、この工程で形成する貫通孔を、以下、光路用貫通孔という。

上記光路用貫通孔の形成は、ドリル加工やレーザ処理等により行う。

- 15 上記レーザ処理において使用するレーザとしては、上記バイアホール用開口の形成や上記半田バンプ形成用開口の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

上記光路用貫通孔の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、光学素子、ICチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。

- 20 また、上記光路用貫通孔は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

また、光路用貫通孔を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を行ってもよい。

- 25 上記デスミア処理は、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスミア処理を行うことにより、光路用貫通孔内の樹脂残り、バリ等を除去することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

また、光路用貫通孔形成後、下記工程で、その壁面に導体層を形成したり、その内部に未硬化の樹脂組成物を充填したりする前に、必要に応じて、光路用貫通孔の壁面に粗化面を形成してもよい。粗化面を形成することにより、導体層や樹

脂組成物との密着性の向上をはかることができるからである。

上記粗化面の形成は、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、基板や層間絶縁層等の光路用貫通孔を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理

5 やコロナ処理等により行うこともできる。

また、光路用貫通孔を形成した後には、該光路用貫通孔の壁面に導体層を形成することが望ましい。

上記導体層の形成は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により行うことができる。

10 具体的には、光路用貫通孔を形成した後、該光路用貫通孔の壁面に触媒核を付与し、その後、光路用貫通孔が形成された基板を無電解めっき浴に浸漬する方法等を用いることができる。

また、無電解めっきやスパッタリングを組み合わせる2層以上からなる導体層を形成してもよいし、無電解めっきやスパッタリングの後、電解めっきを行って

15 2層以上からなる導体層を形成してもよい。

また、この工程では、光路用貫通孔の壁面に導体層を形成するとともに、上記多層配線板の最外層の層間絶縁層上に、最外層の導体回路を形成することが望ましい。

20 具体的には、まず、無電解めっき等により光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する際に、層間絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

次に、この層間絶縁層表面に形成した導体層上にめっきレジストを形成する。めっきレジストの形成は、上記（6）の工程で行った方法と同様の方法等により行えばよい。

25 さらに、上記層間絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成し、その後、めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層を除去することにより層間絶縁層上に独立した導体回路を形成する。

また、上記導体層を形成した後、上記導体層の壁面に粗化面を形成してもよい。

上記粗化面の形成は、上記（2）の工程で行った方法と同様の方法等により行

えばよい。

- また、上記光路用貫通孔を形成した後（必要に応じて、その壁面に導体層を形成した後）には、この光路用貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填することが望ましい。未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、その内部に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路とすることができる。

未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては特に限定されず、印刷やポッティング等の方法を用いることができる。

- なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、該樹脂組成物は1回で充填してもよいし、2回以上に分けて印刷してもよい。また、多層配線板の両側から印刷を行ってもよい。

また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光路用貫通孔の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光路用貫通孔から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。

- 上記余分な樹脂組成物の除去は、研磨等により行うことができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であってもよいし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択すればよい。

このような処理を行うことにより、上記多層配線板を貫通する光信号伝送用光路を形成することができる。

- 上記光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する際に、層間絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、上記導体層を形成しない場合であっても、上述した方法により層間絶縁層上に独立した導体回路を形成すればよい。

- (11) 次に、導体回路と層間絶縁層とを形成した基板の最外層にソルダーレジスト組成物の層を形成する。

具体的には、本工程は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、ICチップ実装用基板の製造方法の(9)の工程と同様の工程を行えばよい。

(12) 次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光路用貫通孔に連通した開口（以下、光路用開口ともいう）を形成し、ソルダーレジスト層とする。

具体的には、バイアホール用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等により形成する。

- また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田バンプ形成用開口（ICチップや光学素子を実装するための開口や、多層プリント配線板と接続するための開口）を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口の形成と、上記半田バンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。

また、溶剤レジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と半田バンプ形成用開口とを有する溶剤レジスト層を形成してもよい。

- 10 このような（11）および（12）の工程を経ることにより、光路用貫通孔を形成した多層配線板上に、該光路用貫通孔と連通した開口を有する溶剤レジスト層を形成することができる。

なお、上記光路用開口の径は、上記光路用貫通孔の径と同一であってもよいし、上記光路用貫通孔の径よりも小さくてもよい。

- 15 また、上記（10）の工程で光路用貫通孔内に光路用樹脂層を形成した場合には、この工程でも、光路用開口内に未硬化の樹脂組成物に充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成することが望ましい。

この工程においても光路用樹脂層を形成することにより、光信号伝送用光路の内部全体に光路用樹脂層が形成されることとなる。

- 20 また、上記光路用開口内に充填する未硬化の樹脂組成物としては、上記（10）の工程で、光路用貫通孔内に充填する未硬化の樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

また、その内部全体に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路を形成する場合には、上記（10）の工程において、未硬化の樹脂組成物の充填を行わず、

- 25 この工程において、光路用貫通孔内およびこれに連通した光路用開口内に未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより、その内部全体に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路としてもよい。

また、上記（10）の工程において、光路用貫通孔に未硬化の樹脂組成物を充填した後、この樹脂組成物を半硬化させ、その後、上述した方法で光路用開口を

有するソルダーレジスト層の形成を行い、さらに、上記光路用開口内に未硬化の樹脂組成物を充填した後、光路用貫通孔内の樹脂組成物および光路用開口内の樹脂組成物に同時に硬化処理を施すことにより、光路用樹脂層を形成してもよい。

- (13) 次に、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配
5 設する。

上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設するには、ソルダーレジスト層上に形成した接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設すればよいが、特に、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、
10 該光路用樹脂層上に直接配設したり、透明な接着剤層を介して配設したりしてもよい。

上記光路用樹脂層上にマイクロレンズを直接配設する方法としては、未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂層上に適量滴下し、この滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施す方法等が挙げられる。

- また、上記未硬化の光学レンズ用樹脂は、その粘度が $10 \sim 50 \text{ cps (mP} \cdot \text{s)}$ であることが望ましい。上記粘度がこの範囲にある場合には、樹脂を滴下
15 した際に、表面張力により半球状となるからである。

上記未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂層上に適量滴下する際には、ディスペンサー、インクジェット、マイクロピペット、マイクロシリンジ等の装置を用いることができる。

- 20 このような装置を用いて光路用樹脂層上に滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、その表面張力により球形になろうとするため、上記光路用樹脂層上で半球状となり、その後、半球状の未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施すことで、光路用樹脂層上に半球状のマイクロレンズ（凸形状のレンズ）を配設することができる。

- 25 なお、上述した方法により形成するマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、樹脂組成物と未硬化の光学レンズ用樹脂との濡れ性を考慮しながら、適宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

(14) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金

属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル—金、ニッケル—銀、ニッケル—パラジウム、ニッケル—パラジウム—金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。

5 上記被覆層は、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

10 (15) 次に、ICチップを実装するための開口（ICチップ実装用開口）や、多層プリント配線板と接続するための開口（多層プリント配線板接続用開口）に相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

15 このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップを実装したり、多層プリント配線板を接続したりすることが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップや接続する多層プリント配線板のバンプを介して、これらとICチップ実装用基板とを電氣的に接続することができる。

20 (16) さらに、ソルダーレジスト層に光学素子（受光素子および発光素子）を実装する。光学素子の実装は、上記（15）の工程で光学素子を実装するための開口（光学素子実装用開口）にも半田ペーストを充填しておき、さらに、リフローを行う際に、上記光学素子を取り付けることにより半田を介して実装すればよい。

また、半田ペーストに代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。

このような工程を経ることにより、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造することができる。

25 次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

(1) まず、本群の第二の発明におけるICチップ実装用基板の製造方法の（1）～（2）の工程と同様にして、基板の両面に導体回路を形成するとともに、基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成する。また、この工程でも、導体回路の表面やスルーホールの壁面に、必要に応じて、粗化面を形成する。

(2) 次に、必要に応じて、導体回路を形成した基板上に層間絶縁層と導体回路とを積層形成する。

具体的には、本群の第二の発明における I C チップ実装用基板の製造方法の (3) ~ (8) の工程と同様の方法を用いて、層間絶縁層と導体回路とを積層形成すればよい。

この工程においても、I C チップ実装用基板を製造する場合と同様、基板と層間絶縁層とを貫通するスルーホールを形成したり、蓋めつき層を形成したりしてもよい。

なお、この (2) の工程、すなわち、層間絶縁層と導体回路とを積層する工程は、1 回のみ行ってもよいし、複数回行ってもよい。

また、この工程で層間絶縁層上に導体回路を形成する方法としては、I C チップ実装用基板を製造する場合と同様、サブトラクティブ法を用いてもよい。

(3) 次に、I C チップ実装用基板と対向する側の基板上、または、層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

上記光導波路の形成は、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、多層プリント配線板の製造方法の (3) の工程と同様の方法等により行うことができる。

また、上記光導波路には、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、光路変換ミラーを形成する。また、光路変換ミラーを形成する代わりに光路変換部材を埋め込んでもよい。

なお、この多層プリント配線板の製造方法においても、第二群の本発明の第二の発明の製造方法と同様、上記光導波路を、基板と層間絶縁層との間や、層間絶縁層同士の上に形成する場合もある。

また、基板と層間絶縁層との間や、層間絶縁層同士の上に光導波路を形成する場合にも、第二群の本発明の第二の発明の製造方法における、多層プリント配線板の製造方法の (3) の工程と同様の方法等を用いることができる。

さらに、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板においては、I C チップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路が形成されていてもよく、このような位置に光導波路が形成された

多層プリント配線板を製造する場合には、上記光導波路と、上記ＩＣチップ実装基板に実装された光学素子との間で光信号の伝送を行うことができるように、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路を形成する必要があるが、このような光信号伝送用光路は、光導波路を形成する前に、または、光導波路を形成した後に適宜形成すればよい。

具体的には、上記（１）および（２）の工程を経ることにより、多層配線板を作製した後、光導波路を形成する前に、本群の第二の発明におけるＩＣチップ実装基板の製造方法の（１０）の工程と同様の方法を用いて、光路用貫通孔を形成し、その後、上記光路用貫通孔を介してＩＣチップ実装基板との間で光信号を伝送することができる位置に、上述した方法で光導波路を形成し、さらに、後述する工程を経て多層プリント配線板とすればよい。なお、上記光路用貫通孔を形成した後は、必要に応じて、その内部や壁面に光路用樹脂層や導体層を形成してもよい。

（４）次に、光導波路を形成した基板の最外層に溶剤レジスト組成物の層を形成する。

上記溶剤レジスト組成物の層は、本群の第二の発明におけるＩＣチップ実装基板の製造方法において溶剤レジスト組成物の層を形成する際に用いる樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。

なお、場合によっては、上記（３）の工程で基板の最外層全体に光導波路を形成し、光導波路が溶剤レジスト層としての役割を果たすようにしてもよい。

（５）次に、ＩＣチップ実装基板と対向する側の溶剤レジスト層に半田バンプ形成用開口（ＩＣチップ実装基板や各種表面実装型電子部品を実装するための開口）と光路用開口とを形成する。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、本群の第二の発明におけるＩＣチップ実装基板の製造方法で半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法を用いて行うことができる。なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

これらのなかでは、溶剤レジスト層を形成する際に、その材料として感光性樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形

成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。

露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。

また、溶剤レジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する

- 5 樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有する溶剤レジスト層を形成してもよい。

なお、光路用貫通孔を形成し、ICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成する場合には、この工程で光路用開口を形成する際に、光路用開口を上記光路用貫通孔と連通するように形成する。

- 10 また、必要に応じて、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側の溶剤レジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。

後工程を経ることにより、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側の溶剤レジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

- 15 (6) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、本群の第二の発明におけるICチップ実装用基板の製造方法の(14)の工程と同様の方法を用いて行えばよい。

- 20 (7) 次に、必要に応じて、上記(5)の工程で形成した光路用開口内に、未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成する。

なお、この工程で充填する未硬化の樹脂組成物は、本群の第二の発明においてICチップ実装用基板の製造工程で、光路用貫通孔および光路用開口に充填する樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

- 25 また、上述したように、ICチップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成するために、光路用貫通孔と光路用開口とを形成した場合にも、該光路用貫通孔と該光路用開口とに未硬化の樹脂組成物を充填してもよく、この場合、未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては、本群の発明においてICチップ実装用基板を製造する際に用いる方法と同様の方法を用いればよい。

(8) 次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介

して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してＩＣチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装することが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するＩＣチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品のバンプを介してこれらを実装することができる。

また、ＩＣチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、特に、外部接続端子を形成しなくてもよいし、必要に応じて、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGAやBGAとしてもよい。

このような工程を経ることにより、本発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板を製造することができる。

第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、次に、ＩＣチップ実装用基板の光学素子と多層プリント配線板の光導波路との間で、ＩＣチップ実装用基板に形成した光信号伝送用光路を介して光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定する。

ここでは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置した後、上記ＩＣチップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電氣的に接続するとともに、両者を固定する。すなわち、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。

なお、上述したように、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との両者を固定するための半田バンプは、両者のどちらか一方にのみ形成されていてもよい。

また、この工程では、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田の有するセルフアライメント効果により両者を所定の位置に配置することができる。

次に、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に、封止用

樹脂組成物を流し込み、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成する。なお、ＩＣチップ実装用基板の周囲にディスペンサー等を用いて封止用樹脂組成物を塗布した後、放置することにより、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を浸透させてもよい。さらには、注射器で封止用樹脂組成物を塗布してもよい。

上記封止用樹脂組成物としては、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法で用いるものと同様のもの等が挙げられる。

ここで、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の間に流し込む封止用樹脂組成物の粘度や、該封止用樹脂組成物を流し込んだ後の硬化処理の条件としては、封止用樹脂組成物の組成、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計等を考慮して適宜選択すればよい。。具体的には、例えば、樹脂組成物の粘度は、 $20 \sim 100 \text{ cps (mP} \cdot \text{s)}$ が望ましい。

次に、ＩＣチップ実装用基板にＩＣチップを実装し、その後、必要に応じて、ＩＣチップの樹脂封止を行うことにより光通信用デバイスとする。

上記ＩＣチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。

また、ＩＣチップの実装を、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する前に行い、ＩＣチップを実装したＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信用デバイスとしてもよい。

次に、第五群の本発明について説明する。

まず、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板について説明する。

第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板は、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板であって、

上記ＩＣチップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、

上記光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とする。

第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板は、内部に光導波路が形成されるとともに、光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が配設されているため、上記光導波路および上記光信号伝送用光路を介して、上記光

学素子の入出力信号を伝送することができる。また、該基板にＩＣチップを実装した場合、ＩＣチップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れる。

- また、ＩＣチップを実装した第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用
- 5 基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができ、基板の側面で外部素子と接続することができるため、該ＩＣチップ実装用基板をより薄型化、小型化することができる。

- また、光学素子が表面実装されている場合は、上記ＩＣチップ実装用基板の導体回路や層間絶縁層を形成した後、光学素子を実装するため、該導体回路や層間
- 10 絶縁層等を形成する際の熱処理時には、光学素子は未実装であり、熱処理時に起こりうる位置ずれは発生することがない。

また、光学素子が表面実装されている場合には、一の光学素子に不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えればよく、経済的に有利である。

- さらに、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、該ＩＣチ
- 15 ップ実装用基板の内部に光導波路が形成されているため、上記光導波路の壁面への異物の付着が防止され、光の乱反射が低減されることから、光信号の伝送性を向上させることができる。

本発明では、ＩＣチップ実装用基板の内部に光導波路が形成されている。

- この光導波路としては、ポリマー材料等からなる有機系光導波路、石英ガラス、
- 20 化合物半導体等からなる無機系光導波路等が挙げられる。これらのなかでは、有機系光導波路が望ましい。基板や層間絶縁層との密着性に優れるとともに、容易に形成、加工することができ、低コストであるからである。

- 上記ポリマー材料としては、従来公知のものをを用いることができ、具体的には、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化P
- 25 MMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂；シロキサン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

また、上記光導波路がマルチモードの光導波路である場合、その材料は、アクリル樹脂やエポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂であることが望ましく、上記

光導波路がシングルモードの光導波路である場合、その材料は、ポリイミド樹脂やシリコン樹脂、シロキサン樹脂であることが望ましい。

また、上記光導波路のコアの厚さは $1 \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましく、その幅は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましい。上記幅が $1 \mu\text{m}$ 未満では、その形成が容易でないことがあり、一方、上記幅が $100 \mu\text{m}$ を超えると、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

また、上記光導波路のコアの厚さと幅との比は、 $1 : 1$ に近いほうが望ましい。これは、通常、上記受光素子の受光部や上記発光素子の発光部の平面形状が円形状だからである。なお、上記厚さと幅との比は特に限定されるものではなく、通常、約 $1 : 2 \sim 2 : 1$ 程度であればよい。

さらに、上記光導波路が通信波長 $1.31 \mu\text{m}$ または $1.55 \mu\text{m}$ のシングルモードの光導波路である場合には、そのコアの厚さおよび幅は $5 \sim 15 \mu\text{m}$ であることがより望ましく、 $10 \mu\text{m}$ 程度であることが特に望ましい。また、上記光導波路が通信波長 $0.85 \mu\text{m}$ でマルチモードの光導波路である場合には、そのコアの厚さおよび幅は $20 \sim 80 \mu\text{m}$ であることがより望ましく、 $50 \mu\text{m}$ 程度であることが特に望ましい。

また、上記光導波路には、粒子が配合されていてもよい。光導波路に粒子を配合することにより、光導波路にクラックが発生しにくくなるからである。即ち、光導波路に粒子が配合されていない場合には、光導波路と他の層（基板や層間絶縁層、ソルダーレジスト層等）との熱膨張係数が異なることに起因して光導波路にクラックが発生することがあるが、光導波路に粒子を配合して熱膨張係数を調整することにより、上記他の層との熱膨張係数の差を小さくした場合には、光導波路にクラックが発生しにくくなるからである。

上記粒子の具体例としては、第二群の本発明の第一の発明の光通信デバイス構成する多層プリント配線板に形成される光導波路に用いる粒子と同様のもの等が挙げられる。

また、上記粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等がより発生しにくい

からである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、上記粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

- また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

- 上記粒径は、その下限が $0.01\mu\text{m}$ で、上限が $0.8\mu\text{m}$ であることがより望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて、樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を調製することが困難になることがあるからである。

上記粒径は、その下限が $0.1\mu\text{m}$ で、その上限が $0.8\mu\text{m}$ であることがさらに望ましい。この範囲にあると、スピンコート、ロールコート等を用いて樹脂組成物を塗布するの適しており、また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

- 上記粒径は、その下限が $0.2\mu\text{m}$ で、その上限が $0.6\mu\text{m}$ であることが特に望ましい。この範囲が、樹脂組成物の塗布、光導波路のコアの形成に特に適している。さらに、形成した光導波路ごとのバラツキ、特に、コアのバラツキが最も小さくなり、光通信用デバイスの特性に特に優れることとなるからである。

- また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子が含まれていてもよい。また、上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

- 上記粒子の配合量は、その望ましい下限が10重量%であり、より望ましい下限が20重量%である。一方、上記粒子の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であること

から、シート状が望ましい。

また、上記光導波路がコアとクラッドとから構成されているものである場合、上記粒子は、コアとクラッドとの両方に配合されていてもよいが、コアには粒子が配合されておらず、該コアの周囲を覆うクラッドにのみ粒子が配合されている

5 ことが望ましい。その理由は以下のとおりである。

すなわち、光導波路に粒子を配合する場合、該粒子と光導波路の樹脂成分との密着性によっては、粒子と樹脂成分との界面に空気層が生じてしまうことがあり、この場合には、この空気層により光の屈折方向が変わり、光導波路の伝送損失が大きくなることがあるのに対し、クラッドにのみ粒子が配合を配合した場合には、
10 上述したような粒子を配合することにより、光導波路の伝送損失が大きくなるという問題が発生することがないとともに、光導波路でクラックが発生しにくくなるからである。

また、上記 I C チップ実装用基板において、光学素子として受光素子と発光素子とが実装されている場合、受光素子に対向する位置に形成された光導波路と、
15 発光素子に対向する位置に形成された光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。熱膨張係数の整合が図りやすく、容易に形成、加工することができるからである。

また、上記光導波路には、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能
20 だからである。。また、光導波路に光路変換ミラーを形成する代わりに、光導波路の端部の先に、光路変換部が形成された部材を配置してもよい。

上記光路変換ミラーの形成は、光導波路の一端に機械加工を施すことにより行うことができる。

上記光導波路の形成位置は特に限定されるものではなく、複数の層間絶縁層の
25 間に形成されていてもよく、層間絶縁層とソルダーレジスト層との間に形成されていてもよく、基板と層間絶縁層との間に形成されていてもよい。

第五群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板では、光学素子と光導波路とを接続する光信号伝送用光路が配設されている。

このような光信号伝送用光路が配設された I C チップ実装用基板では、上記 I

Cチップ実装用基板の両面に実装した光学素子同士の情報の授受を、この光信号伝送用光路を介して光信号により行うことができる。

従って、この光信号伝送用光路は、I Cチップ実装用基板の内部に形成された光導波路と光学素子との間で光信号を伝送することができるように構成されている必要がある。

具体的には、光学素子がI Cチップ実装用基板の表面に配設され、光導波路が基板と層間絶縁層との間、または、複数の層間絶縁層の間に形成されている場合には、光学素子の受光部または発光部との間に、光信号の授受を行うことができるよう、層間絶縁層およびソルダーレジスト層の一部に光信号伝送用光路が形成されている必要がある。

上記光信号伝送用光路は、空隙により構成されていてもよく、光信号を通過させることができる樹脂組成物および空隙により構成されていてもよく、光信号を通過させることができる樹脂組成物により構成されていてもよい。上記光信号伝送用光路が空隙により構成されている場合にはその形成が容易であり、樹脂組成物および空隙により構成されているか、または、樹脂組成物により構成されている場合は、I Cチップ実装用基板の強度の低下を防ぐことができる。

なお、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により形成されている場合は、層間絶縁層に形成された光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成され、ソルダーレジスト層に形成された光信号伝送用光路が空隙により構成されていることが望ましい。通常、層間絶縁層は樹脂との密着性が高く、ソルダーレジスト層は樹脂との密着性が低いからである。

上記光信号伝送用光路の一部または全部が樹脂組成物で構成されている場合、その樹脂成分としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂等が挙げられる。

具体的には、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、重水素化シリコーン樹脂等のシリコーン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー

等が挙げられる。

また、上記樹脂組成物には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間絶縁層、ソルダーレジスト層等との間で熱膨張係数の

5 整合を図ることができ、また、粒子の種類によっては難燃性を付与することもできる。

また、上記樹脂組成物に粒子を含ませる場合、上記樹脂組成物の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、上記樹脂組成物に粒子を含ませる場合には、屈折率の異なる2種類の粒子を混ぜ合わせ

10 て、上記粒子の屈折率が上記樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。

具体的には、例えば、樹脂成分が屈折率1.53のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が1.54のシリカ粒子と屈折率が1.52のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

15 なお、粒子を混ぜ合わせる方法としては、混練する方法、2種類以上の粒子を溶かして混ぜ合わせた後、粒子状にする方法等が挙げられる。

上記樹脂粒子、無機粒子、金属粒子の具体例としては、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板を構成する光信号伝送用光路に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

20 これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子の粒子は、それぞれ単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

上記粒子としては、無機粒子が望ましく、シリカ、チタニアまたはアルミナからなる粒子が望ましい。また、シリカ、チタニアおよびアルミナのうちの少なくとも2種を混合、熔融させて形成した混合組成の粒子も望ましい。

25 また、上記樹脂粒子等の粒子の形状は特に限定されず、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。

上記粒子の粒径は、波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。

上記粒径は、その下限が0.01 μm で、上限が0.8 μm であることがより

望ましい。この範囲を外れる粒子を含んでいると、粒度分布が広くなりすぎて樹脂組成物中に混合した際に、該樹脂組成物の粘度のバラツキが大きくなり、樹脂組成物を調製する場合の再現性が低くなり、所定の粘度を有する樹脂組成物を調製することが困難になることがあるからである。なお、光信号伝送用光路を形成

5 する際に調製する樹脂組成物の粘度は、 $100000 \sim 300000 \text{ c p s (m P} \cdot \text{s)}$ が望ましい。

上記粒径は、その下限が $0.1 \mu\text{m}$ で、その上限が $0.8 \mu\text{m}$ であることがさらに望ましい。粒径がこの範囲にあると、スピンコート、ロールコートを用いて樹脂組成物を塗布、充填した際に、貫通孔内に樹脂組成物が確実に充填されるこ

10 ととなる。また、粒子が混合された樹脂組成物を調製する際に、所定の粘度に調製しやすくなる。

上記粒径は、その下限が $0.2 \mu\text{m}$ で、その上限が $0.6 \mu\text{m}$ であることが特に望ましい。この範囲であれば、特に貫通孔内に充填しやすく、また、形成した光信号伝送用光路ごとのバラツキが最も小さくなり、ICチップ実装用基板の特

15 性に特に優れることとなるからである。

また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでいてもよい。

上記粒子の配合量の下限は10重量%が望ましく、20重量%がより望ましい。一方、上記配合量の上限は、50重量%が望ましく、40重量%がより望ましい。

20 粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が50重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。また、上記配合量が20～40重量%の範囲にあると、粒子が凝集したり、分散したりしても光信号の伝送性には影響がない。

また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。これ

25 が、光信号の伝送に最も影響を与えない形状であり、その形成自体も容易だからである。

また、上記光信号伝送用光路の断面の径は、望ましい下限が $100 \mu\text{m}$ であり、望ましい上限が $500 \mu\text{m}$ である。上記径が $100 \mu\text{m}$ 未満では、光路が塞が

れてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路が樹脂組成物から構成されている場合、未硬化の樹脂組成物を充填することが困難である。一方、上記径を $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、この場合、ICチップ実装用基板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となる

5 ことがあるからである。

より望ましい径は、下限が $250\mu\text{m}$ であり、上限が $350\mu\text{m}$ である。光信号の伝送性と設計の自由度とがともに優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないからである。

なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状

10 の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

また、上記光信号伝送用光路は、空隙および／または樹脂組成物とその周囲の導体層とから構成されていてもよい。上記導体層としては、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板の光信号伝送用光路に形成される導体層と同様

15 のもの等が挙げられる。

上記導体層を形成することにより、光信号伝送用光路の壁面での光の乱反射を低減し、光信号の伝送性を向上させることができる。また、場合によっては、バイアホールとしての役目を果たすことができる。

また、上記導体層上には、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板と同様、被覆層や粗化層を設けてもよい。上記被覆層や粗化層を設けることにより、光の乱反射をより低減し、光信号の伝送性を向上させたり、光信号伝送用光路と、基板や層間絶縁層との密着性を向上させることができる。

20

また、上記樹脂組成物により構成される光信号伝送用光路や上記導体層は、基板や層間絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記光信号伝送用光路等が、粗化面を介して接している場合には、基板や層間絶縁層との密着性に優れ、光信号伝送用光路等の剥離がより発生しにくいからである。

25

また、第五群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板には、受光素子や発光素子等の光学素子が実装されている。

上記受光素子や発光素子の具体例としては、第一群の本発明の第一の発明のI

Cチップ実装用基板に実装される受光素子や発光素子と同様のもの等が挙げられる。

上記光学素子の実装位置は、上記ICチップ実装用基板の表面であることが望ましい。上述したように、光学素子がICチップ実装用基板の表面に実装されている場合は、一の光学素子に不都合が発生した際に、その光学素子のみを取り替

5 えればよいからである。

また、上記ICチップ実装用基板の表面には、コンデンサ等の電子部品も実装されていることが望ましい。上記光学素子の場合と同様、不都合の発生した部品のみを取り替えることができるからである。

10. 上記光信号伝送用光路の端部、または、上記光信号伝送用光路中には、マイクロレンズが形成されていることが望ましい。光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。

ここで、上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズが形成されているとは、ソルダーレジスト層上に形成された接着層を介して、上記マイクロレンズが光信号伝送用光路の端部を覆うように配設された構造や、上記光信号伝送用光路が上記樹脂組成物により構成されている場合、上記樹脂組成物上に上記マイクロ

15 レンズが形成された構造のことをいう。

一方、上記光信号伝送用光路中にマイクロレンズが形成されているとは、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合、上記光信号伝送用光路の内部であって、上記樹脂組成物上に上記マイクロレンズが形成されている構造のことをいう。また、場合によっては、上記樹脂組成物が2層からなり、上層の樹脂組成物と下層の樹脂組成物との間に、上記マイクロレンズが形成されていもよい。

20

上記マイクロレンズとしては、第一群の本発明の第一の発明のICチップ実装

25 用基板に形成されるマイクロレンズと同様のもの等が挙げられる。

また、第五群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板において、上記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、上記層間絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されていることが望ましい。ICチップ実装用基板の高密度配線を実現しつつ、その小型化を図ることができるからで

ある。

次に、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図６３は、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図６３では、ＩＣチップが実装された状態のＩＣチップ実装用基板を示す。

図６３に示すように、ＩＣチップ用実装基板５２２０では、基板５２２１の両面に導体回路５２２４と層間絶縁層５２２２とが積層形成され、基板５２２１を挟んだ導体回路間、および、層間絶縁層５２２２を挟んだ導体回路間は、それぞれ、スルーホール５２２９およびバイアホール５２２７により電氣的に接続されており、最外層には溶剤レジスト層５２３４が形成されている。

また、基板５２２１表面には、最下層の導体回路５２２４とともに光導波路５２５０が形成されており、光導波路５２５０の先端の光路変換ミラーが形成された部分には、ＩＣチップ用実装基板５２２０の表面に配設された光学素子（受光素子５２３８および発光素子５２３９）と光導波路５２５０とを接続する光信号伝送用光路５２４２が、基板５２２１に対して垂直方向に形成されている。この光信号伝送用光路５２４２は、樹脂組成物５２４２ａおよび空隙５２４２ｂとその周囲に形成された導体層５２４５とから構成されている。

なお、光信号伝送用光路は空隙により形成されていてもよいし、その周囲に導体層が形成されていなくてもよい。

ＩＣチップ用実装基板５２２０の一の面には、上述のように、受光部５２３８ａおよび発光部５２３９ａのそれぞれが光信号伝送用光路５２４２に対向するように、受光素子５２３８および発光素子５２３９が半田接続部５２４４を介して表面実装されるとともに、ＩＣチップ５２４０が半田接続部５２４３を介して表面実装されている。また、ＩＣチップ実装用基板５２２０の他の面の溶剤レジスト層５２３４には、半田バンプ５２３７が形成されている。

このような構成からなるＩＣチップ実装用基板５２２０において、光ファイバ等（図示せず）を介して外部から送られてきた光信号は、光導波路５２５０および光信号伝送用光路５２４２を介して受光素子５２３８（受光部５２３８ａ）で

受信した後、受光素子 5 2 3 8 で電気信号に変換され、さらに、半田接続部 5 2 4 3、5 2 4 4、導体回路 5 2 2 4、バイアホール 5 2 2 7、スルーホール 5 2 2 9 等を介して IC チップ 5 2 4 0 に送られることとなる。

- また、IC チップ 5 2 4 0 から送り出された電気信号は、半田接続部 5 2 4 3、
- 5 5 2 4 4、導体回路 5 2 2 4、バイアホール 5 2 2 7、スルーホール 5 2 2 9 等を介して発光素子 5 2 3 9 に送られた後、発光素子 5 2 3 9 で光信号に変換され、発光素子 5 2 3 9（発光部 5 2 3 9 a）から発信した光信号は、光信号伝送用光路 5 2 4 2 および光導波路 5 2 5 0 を介して別の IC チップ実装用基板の受光素子に送られ電気信号に変換されるか、または、外部の光学素子（光ファイバ等）
- 10 に送り出されることとなる。

第五群の本発明の第一の発明の IC チップ実装用基板では、IC チップに近い位置に実装された受光素子および発光素子において、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、信号伝送の信頼性に優れ、より高速通信に対応することができる。

- 15 また、IC チップ実装用基板 5 2 2 0 では、ソルダーレジスト層 5 2 3 4 に金属めっき層を介して半田バンプ 5 2 3 7 が形成されているため、IC チップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光信号伝送用光路 5 2 4 2 等を介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介しても外部基板に送られることとなる。

- 20 このように半田バンプが形成されている場合には、上記 IC チップ実装用基板を外部基板と半田バンプを介して接続することができ、この場合には、半田が有するセルフアライメント作用により上記 IC チップ実装用基板を所定の位置に配置することができる。

- このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記
- 25 IC チップ実装用基板を外部基板に接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記 IC チップ実装用基板が移動し、該 IC チップ実装用基板を外部基板上の正確な位置に取り付けることができる。

従って、上記 IC チップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子と、外部の光学素子とを光導波路および光信号伝送用光路を介して、光信号の伝送を行う

場合に、上記 I C チップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子の実装位置が正確であれば、上記 I C チップ実装用基板と上記外部基板との間で正確な光信号の伝送を行うことができる。

図 6 4 は、第五群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板の別の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 6 4 では、I C チップが実装された状態の I C チップ実装用基板を示す。

図 6 4 に示す I C チップ実装用基板 5 3 2 0 では、樹脂組成物 5 3 4 2 a および空隙 5 3 4 2 b と導体層 5 3 4 5 とから構成される光信号伝送用光路 5 3 4 2 の端部に、マイクロレンズ 5 3 4 6 a、5 3 4 6 b が接着剤層 5 3 4 7 a、5 3 4 7 b を介して配設されている。

このように、マイクロレンズを配設することにより、光信号の伝送損失を抑えることができる。

なお、I C チップ実装用基板 5 3 2 0 の実施形態は、マイクロレンズ 5 3 4 6 a、5 3 4 6 b を配設した以外は、I C チップ実装用基板 5 2 2 0 の実施形態と同一である。

また、図 6 4 中、5 3 2 1 は基板であり、5 3 2 2 は層間絶縁層であり、5 3 2 4 は導体回路であり、5 3 2 7 はバイアホールであり、5 3 3 8 は受光素子であり、5 3 3 9 は発光素子であり、5 3 4 0 は I C チップであり、5 3 4 3、5 3 4 4 は半田接続部であり、5 3 5 0 は光導波路である。

また、図 7 8 は、第五群の本発明の第一の発明の I C チップ実装用基板のさらに別の一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図 7 8 では、I C チップが実装された状態の I C チップ実装用基板を示す。

図 7 8 に示す I C チップ実装用基板 5 4 2 0 では、樹脂組成物 5 4 4 2 a および空隙 5 4 4 2 b と導体層 5 4 4 5 とから構成される光信号伝送用光路 5 4 4 2 の樹脂組成物 5 4 4 2 a 上に、マイクロレンズ 5 4 4 6 a、5 4 4 6 b が形成されている。

このように、マイクロレンズを形成することにより、光信号の伝送損失を抑えることができる。

なお、I C チップ実装用基板 5 4 2 0 の実施形態は、マイクロレンズ 5 4 4 6

a、5446bを光信号伝送用光路5442中に形成した以外は、ICチップ実装用基板5220の実施形態と同一である。

また、図78中、5421は基板であり、5422は層間絶縁層であり、5424は導体回路であり、5427はバイアホールであり、5438は受光素子であり、5439は発光素子であり、5440はICチップであり、5443、5444は半田接続部であり、5450は光導波路である。

また、このようなICチップ実装用基板5420は、光信号伝送用光路5442が樹脂組成物により構成され、マイクロレンズ5446a、5446bが、光信号伝送用光路5442の端部に形成された構造であってもよい。

10 このような構成からなる第五群の本発明の第一の発明のICチップ実装用基板は、第五群の本発明の第二または第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法を用いて製造することができる。

次に、第五群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法について説明する。

15 第五群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法は、基板と、光導波路と、少なくとも下記(a)～(c)の工程を経て製造する積層体とをこの順序で積層することを特徴とする。

(a) 基材層上に導体回路と層間絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

20 (b) 上記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、

(c) 上記(b)の工程で形成した開口と連通した開口を有する溶剤レジスト層を上記導体回路積層体の片面に形成する溶剤レジスト層形成工程。

25 第五群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法では、ICチップ実装用基板の内部に光導波路を形成するとともに、導体回路積層体と溶剤レジスト層とに連通した開口を形成する。この連通した開口は、光信号伝送用光路としての役割を果たすことができ、そのため、第五群の本発明の第二の発明の製造方法で製造したICチップ実装用基板は、光学素子を実装した際に、該光学素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を好適に行う

ことができる。

また、第五群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法では、光導波路を形成する工程の後に、熱処理を伴う工程が少ないため、熱処理時の基板や層間絶縁層の変形に起因した光導波路の位置ずれが発生しにくく、接続信頼

5 性に優れた I Cチップ実装用基板を好適に製造することができる。

第五群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法では、(A) 基板製造工程、(B) 光導波路製造工程、および、(C) 積層体製造工程を行った後、これらの工程で製造された基板、光導波路、および、積層体をこの順序で積層する (D) 積層工程を経ることにより、I Cチップ実装用基板を製造するこ

10 とができる。

以下、これらを順に説明する。

(A) 基板製造工程

絶縁性基板を出発材料とし、必要に応じて、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

15 上記絶縁性基板としては、第一群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法の (a) の (1) の工程で用いる絶縁性基板と同様のもの等が挙げられる。

また、基板上に導体回路を形成する場合には、第一群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法の (a) の (1) の工程で用いる方法と同様の
20 方法等を用いて形成すればよい。さらに、第一群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法の (a) の (1) の工程と同様、スルーホールを形成してもよい。

(B) 光導波路製造工程

ここでは、フィルム状に成形した光導波路を形成する。

25 上記光導波路が、ポリマー材料等からなる有機系光導波路の場合、該有機系光導波路は、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、レジスト形成法、これらを組み合わせた方法等を用いて、離型フィルム等の上でポリマー材料をフィルム状に成形することにより形成することができる。これらの具体的な方法と、第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法で、

光導波路を形成する方法として説明したとおりである。

これらの方法を用いてポリマー材料からなる光導波路を形成する場合において、コアに粒子が配合された光導波路を形成する場合には、露光現像法に比べて、金型形成法が望ましい。その理由は以下のとおりである。

- 5 すなわち、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成し、その後、この溝内にコアを形成する金型形成法でコアを形成した場合には、コアに配合される粒子は全部、コア中に入ってしまうこととなるため、コアの表面は平坦で光信号の伝送性に優れるのに対し、露光現像法でコアを形成した場合には、現像後のコアにおいて、コア表面から粒子の一部が突出していたり、コア表面に粒子が
- 10 とれた窪みが形成されていたりして、コアの表面に凹凸が形成されることがあり、この凹凸によって光が所望の方向に反射なくなり、その結果、光信号の伝送性が低下することがあるからである。

- また、上記光導波路が、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路の場合、該無機系光導波路は、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 等の無機材料を液相
- 15 エピタキシャル法、化学堆積法（CVD）、分子線エピタキシャル法等を用いて、離型フィルム等の上で無機材料を成膜させることにより形成することができる。

また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

- 上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソー
- 20 や刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。なお、光路変換ミラーを形成する代わりに、後工程で、光路変換部材を埋め込んでもよい。

（C）積層体製造工程

- 上記積層体は、少なくとも下記（a）～（c）の工程を経ることにより、製造
- 25 する。

（a）基材層上に導体回路と層間絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

（b）上記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、

(c) 上記(b)の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記導体回路積層体の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程。

まず、上記(a)の工程、即ち、導体回路積層体を形成する導体回路積層体形成工程について工程順に説明する。具体的には、下記(1)～(9)の工程を経

5 ることにより行うことができる。

(1) フィルム状に成形した基材層を出発材料とし、該基材層上に導体回路を形成する。

上記基材層としては、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体等からなる未硬化
10 の樹脂をフィルム状に成形し、硬化処理を施したものや、熱可塑性樹脂等をフィルム状に成形したもの等が挙げられる。

上記熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。

15 上記エポキシ樹脂の具体例としては、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

上記感光性樹脂としては、アクリル樹脂等が挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂としては、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの
20 等が挙げられる。

上記熱可塑性樹脂としては、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン(PES)、ポリスルホン(PSF)、ポリフェニレンスルホン(PPS)、ポリフェニレンサルファイド(PPE S)、ポリフェニレンエーテル(PPE)ポリエーテルイミド(PI)等が挙げられる。
25

また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性樹脂や感光性樹脂(熱硬化性樹脂の一部をアクリル化した樹脂も含む)と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えばフェノール樹脂/ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂/ポリスルホン、

エポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂／フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、アクリル樹脂／フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン等が挙げられる。

- 5 また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝95／5～50／50が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。

また、上記基材層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。

- 10 また、上記基材層は、粗化面形成用樹脂組成物をフィルム状に成形し、硬化処理を施したものであってもよい。なお、上記粗化面形成用樹脂組成物については、後に、層間絶縁層の形成方法を説明する際に詳述する。

また、上記基材層上に形成する導体回路は、上記基材層の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すこと等により形成
15 することができる。

また、エッチング処理を施すことにより、導体回路を形成する方法に代えて、ベタの導体層上の一部めっきレジストを形成し、その後、めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、さらに、めっきレジストと該めっきレジストの下に存在する導体層とを除去する方法を用いて導体回路を形成してもよい。

- 20 また、上記基材層を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、上記基材層にレーザ等を用いてスルーホール用貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記スルーホール用貫通孔の直径は、通常、100～300 μ mである。

- また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充
25 填することが望ましい。

(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

上記粗化形成処理としては、第一群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法の(a)の(2)の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。また、この粗化形成処理は、スルーホールの壁面にも行ってもよい。

(3) 次に、導体回路を形成した基材層上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。なお、これらの樹脂層の形成には、基材層を形成する際に用いる樹脂と同様の樹脂等を用いることができる。

また、ここで形成する未硬化の樹脂層や、熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、2種以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。

具体的には、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝50／50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝90／10の樹脂複合体から構成されている等である。

このような構成にすることにより、基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。

上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコート、カーテンコート等により塗布したり、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。

また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム上に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

上記樹脂複合体や樹脂成形体の熱圧着は、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。

また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力0.25～1.0MPa、温度40～70℃、真空度13～1300Pa、時間10～120秒程度の条件で行うことが望ましい。

また、上記未硬化の樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。

上記粗化面形成用樹脂組成物としては、第一群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法で用いる粗化面形成用樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。

(4) 次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間樹脂絶縁

層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用貫通孔を形成してもよい。

- また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合に
- 5 は、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。

上記バイアホール用開口の形成や、上記スルーホール用貫通孔の形成は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の（４）の工程で用いる方法と同様の方法等により行うことができる。

- 10 なお、この工程で形成した層間絶縁層の材質と、上記基材層の材質とは、同一であることが望ましい。

両者の間で熱膨張係数等の物性が同一となるからである。

（５）次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

- 15 上記薄膜導体層は、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の（a）の（５）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成することができる。

- また、本工程では、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の（a）の（５）の工程と同様、上記薄膜導体層を形成する前に、層間絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。
- 20

また、上記（４）の工程でスルーホール用貫通孔を形成した場合には、層間絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

- （６）次いで、その表面に薄膜導体層が形成された層間絶縁層の一部にめっきレジストを形成する。上記めっきレジストは、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法の（a）の（６）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成することができる。
- 25

（７）薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。その後、上記めっきレジストと該めっき

レジスト下の薄膜導体層とを除去することにより導体回路（バイアホールを含む）を形成する。

上記電気めっき層の形成および上記薄膜導体層等の除去は、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ａ）の（７）の工程で用いる

5 方法と同様の方法等により行うことができる。

また、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法と同様、薄膜導体層上の全面に電解めっき層を形成した後、エッチング処理を施すことにより導体回路を形成する方法を用いてもよい。

さらに、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法と同様、スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよく、また、蓋めっき層を形成してもよい。

（８）次に、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ａ）の（８）および（９）の工程と同様の工程を行い、導体回路と層間絶縁層とを積層形成等を行う。

15 このような（１）～（８）の工程を経ることにより、基材層の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成された導体回路積層体を製造することができる。

なお、ここでは、セミアディティブ法を中心に導体回路積層体の製造方法を説明したが、上記（ａ）の工程で製造する導体回路積層体の製造方法は、セミアディティブ法に限定されず、フルアディティブ法、サブトラクティブ法、一括積層法、コンフォーマル法等を用いて行うこともできる。

これらのなかでは、セミアディティブ法やフルアディティブ法のアディティブ法が望ましい。エッチング精度が高いため、より微細な導体回路を形成するのに適しているとともに、導体回路の設計の自由度が向上するからである。

上記（ａ）の工程を経て、導体回路積層体を製造した後、上記（ｂ）の工程、
25 即ち、上記導体回路積層体に光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程を行う。この工程で形成する開口は、ＩＣチップ実装用基板において光信号伝送用光路の役割を果たすこととなる。従って、この工程で形成する開口を、以下、光信号伝送用開口という。

上記光信号伝送用開口の形成は、レーザ処理等により行う。

上記レーザ処理において使用するレーザとしては、上記バイアホール用開口の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

上記光信号伝送用開口の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、ＩＣチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。

- 5 また、上記光信号伝送用開口は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

また、光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面にデスミア処理を施してもよい。

- 10 また、光信号伝送用開口形成後、下記工程で導体層を形成したり、未硬化の樹脂組成物を充填したりする前に、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面を粗化面とする粗化面形成工程を行うことが望ましい。導体層や樹脂組成物との密着性を向上させることができるからである。

- 15 上記デスミア処理や、上記粗化面の形成は、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｂ）の工程で用いる方法と同様の方法等により行うことができる。

上記粗化面の平均粗度（Ｒａ）は、 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ が望ましく、 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ がより望ましい。この範囲であれば、導体層や樹脂組成物との密着性に優れるとともに、光信号の伝送に悪影響を及ぼさないからである。

- 20 上記光信号伝送用開口を形成した後には、必要に応じて、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を行うことが望ましい。また、この形成工程では、導体層を形成するとともに、最外層の層間絶縁層上に導体回路を形成することが望ましい。

具体的には、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｂ）の工程で用いる導体層形成工程と同様の方法等を用いることができる。

- 25 また、上記導体層を形成した後には、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（ｂ）の工程で用いる導体層形成工程と同様、上記導体層の壁面に粗化面を形成してもよい。

また、上記光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、該開口に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を行うことが望ましい。

未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、樹脂組成物および空隙から構成される光信号伝送用光路、または、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

- 5 具体的な未硬化の樹脂組成物の充填方法としては、第一群の本発明の第二の発明の製造方法の（b）の工程において、光信号伝送用光路に樹脂組成物を充填するために、樹脂組成物充填工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

なお、上記樹脂組成物充填工程を行わない場合、空隙から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

- 10 このような開口形成工程と、必要に応じて行う、粗化面形成工程、導体層形成工程、および、樹脂組成物充填工程を経ることにより上記（a）の工程を経て製造した導体回路積層体に光信号伝送用光路の一部を形成することができる。

また、上記導体層形成工程を行う際に、層間絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、
15 上記導体層を形成する工程を行わない場合であっても、上述した方法により層間絶縁層の表面に導体回路を形成することができる。

次に、上記（c）の工程、即ち、上記（b）の工程で形成した開口に連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程を行う。

- 20 具体的には、下記（1）および（2）の工程を行うことによりソルダーレジスト層を形成することができる。

なお、ソルダーレジスト層は、導体回路積層体の片面に形成すればよい。

（1）まず、光信号伝送用開口を形成した導体回路積層体の片面にソルダーレジスト組成物の層を形成する。

- 25 上記ソルダーレジスト組成物としては、第一群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法の（c）の（1）の工程で用いるソルダーレジスト組成物と同様のもの等が挙げられる。

また、上記ソルダーレジスト組成物からなるフィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成してもよい。特に、光信号伝送用開口が空隙により構成されている場合は、フィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成するこ

とが望ましい。

(2) 次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光信号伝送用開口に連通した開口（以下、光路用開口ともいう）を形成し、ソルダーレジスト層とする。

具体的には、第一群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法
5 の (c) の (2) の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

また、上記光路用開口の断面の径は、上記光信号伝送用開口の断面の径よりも小さくてもよい。この場合、上記光路開口の断面の径は上記光信号伝送用開口の断面の径よりも 20 ~ 100 μ m 小さくすればよい。

このような (1) および (2) の工程を経ることにより、光信号伝送用開口の
10 形成された導体回路積層体の片面に、該光信号伝送用開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成することができる。

なお、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法では、後述する (D) 積層工程の後にソルダーレジスト層を形成してもよい。

また、上記 (b) の開口形成工程で、光信号伝送用開口に未硬化の樹脂組成物を
15 を充填した場合、上記ソルダーレジスト層に形成した光路用開口には、上記光信号伝送用開口と同様の方法で未硬化の樹脂組成物を充填してもよい。このようにソルダーレジスト層の光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した後、該未硬化の樹脂組成物の硬化処理を施すことにより、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

20 このような (a) ~ (c) の工程を行った後、下記の方法を用いて、半田パッド形成を行うことにより、積層体を製造することができる。

即ち、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル-金、ニッケル-銀、
25 ニッケル-パラジウム、ニッケル-パラジウム-金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。

上記被覆層は、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

(D) 積層工程

上記 (A) の工程で製造された基板上に、上記 (B) の工程で製造された光導波路、および、上記 (C) の工程で製造された積層体を積層する。

この積層は熱圧着により行うことが望ましく、真空ラミネータ等を用いて行う

5 ことができる。

また、圧着条件は特に限定されず、上記光導波路および上記積層体に用いられる樹脂の組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、真空または減圧下、圧力 $0.2 \sim 1.0 \text{ MPa}$ 、温度 $50 \sim 200^\circ\text{C}$ 、時間 $30 \sim 600$ 秒程度の条件で行うことが望ましい。

10 また、先に光導波路を基板上に積層しておき、これに、積層体を積層してもよいし、先に積層体の最外層の層間絶縁層上に光導波路を形成しておき、これを基板に積層してもよい。

また、積層工程終了後、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を行ってもよい。光信号の伝送損失をよ

15 り抑えることができるからである。

上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを形成するには、ソルダーレジスト層上に形成した接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設してもよく (図 6 4 参照)、また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されている場合、該樹脂組成物上に直接形成してもよい。

20 上記樹脂組成物上にマイクロレンズを直接形成する方法としては、未硬化の光学レンズ用樹脂を樹脂組成物上に適量滴下し、この滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施す方法を挙げることができる。上記未硬化の光学レンズ用樹脂は、その粘度が $10 \sim 50 \text{ cps (mP} \cdot \text{s)}$ であることが望ましい。上記粘度がこの範囲にある場合には、樹脂を滴下した際に、表面張力により半球状と
25 なるからである。

上記方法において、未硬化の光学レンズ用樹脂を樹脂組成物上に適量滴下する際には、ディスペンサー、インクジェット、マイクロピペット、マイクロシリンジ等の装置を用いることができる。また、このような装置を用いて樹脂組成物上に滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、その表面張力により球形になろうとす

るため、上記樹脂組成物上で半球状となり、その後、半球状の未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施すことで、樹脂組成物上に半球状のマイクロレンズを形成することができるのである。

- 5 上記光学レンズ用樹脂としては、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等、本群の第一の発明の I C チップ実装用基板の光導波路で説明したポリマー材料と同様の材料等を挙げることができる。

なお、このようにして形成するマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、樹脂組成物と未硬化の光学レンズ用樹脂との濡れ性を考慮しながら、適宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

- 10 また、第五群の本発明の第二の発明の I C チップ実装用基板の製造方法では、光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を行ってもよい。この場合でも、光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。

- 15 上記光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するには、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合、上記光信号伝送用光路の内部であって、上記樹脂組成物上に直接形成してもよく（図 7 8 参照）、また、場合によっては、上記樹脂組成物を 2 層構造とし、上層の樹脂組成物と下層の樹脂組成物との間に上記マイクロレンズを形成してもよい。

- 20 上記光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成する方法としては、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合、上述した光信号伝送用光路の端部に光学レンズ用樹脂からなるマイクロレンズを形成する方法と同様の方法を挙げることができる。

- 25 また、上記樹脂組成物が 2 層構造である場合、上記ソルダーレジスト層を形成する前の導体回路積層体において、光信号伝送用開口に未硬化の樹脂組成物を充填、硬化させた後、この硬化させた樹脂組成物上に、上述した方法で光学レンズ用樹脂からなるマイクロレンズを形成し、その後、上記導体回路積層体上にソルダーレジスト層を形成し、該ソルダーレジスト層の光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填し、硬化することで上層の樹脂組成物と下層の樹脂組成物との間にマイクロレンズを形成することができる。

さらに、半田バンプを形成し、ソルダーレジスト層に光学素子（受光素子および発光素子）を実装することにより、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を製造することができる。

上記半田バンプの形成は、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより行う。

また、上記光学素子の実装は、上記半田バンプを介して行うことができる。また、上記半田バンプを形成する際に、半田ペーストを充填した時点で光学素子を取り付けておき、リフローと同時に光学素子の実装を行ってもよい。

10 また、半田に代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。

このような工程を経ることにより、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を好適に製造することができる。

次に、第五群の本発明の第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法について説明する。

15 第五群の本発明の第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法は、

（ａ）導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程と、
（ｂ）上記光導波路が形成された基板上に層間絶縁層と導体回路とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、

20 （ｃ）上記多層配線板に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程と、

（ｄ）上記（ｃ）の工程で形成した開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記多層配線板の片面に形成するソルダーレジスト層形成工程とを含むことを特徴とする。

第五群の本発明の第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法のでは、ＩＣ
25 チップ実装用基板の内部に光導波路を形成するとともに、導体回路積層体とソルダーレジスト層とに連通した開口を形成する。この連通した開口は、光信号伝送用光路としての役割を果たすことができ、そのため、第五群の本発明の第三の発明の製造方法で製造したＩＣチップ実装用基板は、光学素子を実装した際に、該光学素子と光導波路との間で光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を好適に行

うことができる。

まず、上記（a）の工程、即ち、導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程について工程順に説明する。具体的には、下記（１）～（３）の工程を経ることにより上記光導波路を形成することができる。

- 5 （１）絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

具体的には、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（１）の工程と同様の工程等を行えばよい。また、この工程では、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（１）の工程と同様、ス

- 10 ルーホールを形成してもよい。

なお、上記導体回路は、後述する（３）の工程の後に形成してもよい。

（２）次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

上記粗化形成処理としては、第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法の（a）の（２）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いるこ

- 15 とができる。また、この粗化形成処理は、スルーホールの壁面にも行ってもよい。

（３）次に、基板上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

光導波路の形成は、第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法における、多層プリント配線板の製造方法の（３）の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成することができる。

- 20 また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

上記光路変換ミラーは、光導波路を層間絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、基板上に取り付けた後に形成してもよいが、該光導波路を基板上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時にＩＣチップ実装用基板を構成
25 する他の部材、導体回路や基板等に傷を付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

上記光路変換ミラーを形成する方法としては、第五群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法における（Ｂ）光導波路製造工程で用いた方法と同様の方法等を用いることができる。

また、上述したように、この（３）の工程で光導波路を形成した後、絶縁性基板上に導体回路を形成してもよく、この場合は、ベタの導体層の上にめっきレジストを形成した後、めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、さらに、めっきレジストと該めっきレジスト下のベタの導体層とを除去する方法により導
5 体回路を形成することが望ましい。これは、形成した光導波路を破損するおそれ
が少ないからである。

次に、上記（ｂ）の工程、即ち、上記（ａ）の工程で光導波路が形成された基板上に層間絶縁層と導体回路とを順次積層し、多層配線板とする多層配線板製造
10 工程について工程順に説明する。具体的には、下記（１）～（７）の工程を経る
ことにより多層配線板を製造することができる。

（１）上記（ａ）の工程で光導波路が形成された基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部がアクリル化された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂とを含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。

15 具体的には、第五群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法
における（ａ）導体回路積層体形成工程で層間絶縁層を形成する際に用いる樹脂
と同様の樹脂等を用いることができる。

上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコータ、カーテンコータ等により塗布したり、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより
20 形成することができる。

また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム上に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

上記樹脂複合体や樹脂成形体の熱圧着は、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。

25 また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力０．２５～１．０ＭＰa、温度４０～７０℃、真空度１３～１３００Ｐa、時間１０～１２０秒程度の条件で行うことが望ましい。

（２）次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホー

ル用開口を形成し、層間絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、スルーホール用貫通孔を形成してもよい。

上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成

5 してもよい。

また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。

10 また、この工程でスルーホール用貫通孔を形成する場合、該スルーホール用貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

上記レーザ処理に使用するレーザとしては、第五群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法における (a) 導体回路積層体形成工程において、バイアホール用開口を形成する際に使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

15 (3) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間絶縁層の表面に、導体回路を形成する。

具体的には、第五群の本発明の第二の発明の I Cチップ実装用基板の製造方法における (a) 導体回路積層体形成工程の (5) ~ (7) で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。

20 また、この工程においても、上記 (a) 導体回路積層体形成工程と同様、スルーホールを形成してもよく、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。

また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合には、無電解めっき等により樹脂充填材層を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

25 (4) 次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、上記 (1) および (2) の工程を繰り返すことにより層間絶縁層を形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

(5) さらに、必要に応じて、上記 (3) および (4) の工程を繰り返すこと

により、導体回路と層間絶縁層とを積層形成してもよい。

このような(1)～(5)の工程を行うことにより、基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成された多層配線板を製造することができる。

なお、ここで詳述した多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法であるが、

- 5 上記(a)の工程で製造する多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法に限定されず、フルアディティブ法、サブトラクティブ法、一括積層法、コンフォーマル法等を用いて行うこともできる。これらのなかでは、微細な導体回路を形成する方法として優れている点からセミアディティブ法やフルアディティブ法のアディティブ法が望ましい。

- 10 第五群の本発明の第三の発明のICチップ実装用基板の製造方法では、上記(a)および上記(b)の工程を経て、多層配線板を製造した後、上記(c)の工程、即ち、上記多層配線板に光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程を行う。この工程で形成する開口は、ICチップ実装用基板において光学素子と光導波路とを接続する光信号伝送用光路の役割を果たすこととなる。従って、
15 この工程で形成する開口を、以下、光信号伝送用開口という。

上記光信号伝送用開口の形成は、レーザ処理等により行う。

上記レーザ処理において使用するレーザとしては、上記バイアホール用開口の形成において使用するレーザと同様のもの等が挙げられる。

- 20 この場合、上記レーザとしては、上記光導波路が吸収を持たない波長のレーザを用いることが望ましい。上記光信号伝送用開口形成時に上記光導波路表面を傷付けるおそれが少ないからである。

上記光信号伝送用開口の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、ICチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。

- 25 また、上記光信号伝送用開口は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

また、光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面にデスミア処理を施してもよい。上記デスミア処理は、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスミア処理を行うことにより、光信号伝送用開口内の樹脂残り、バリ等を除去

することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

また、光信号伝送用開口形成後、下記工程で導体層を形成したり、未硬化の樹脂組成物を充填したりする前に、必要に応じて、光信号伝送用開口の壁面を粗化面とする粗化面形成工程を行うことが望ましい。導体層や樹脂組成物との密着性を向上させることができるからである。

- 上記粗化面の形成は、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、層間絶縁層等の光信号伝送用開口を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理やコロナ処理等により行うこともできる。

上記粗化面の平均粗度（ R_a ）は、 $0.5 \sim 5 \mu m$ が望ましく、 $1 \sim 3 \mu m$ がより望ましい。この範囲であれば、導体層や樹脂組成物との密着性に優れるとともに、光信号の伝送に悪影響を及ぼさないからである。

- 上記光信号伝送用開口を形成した後には、必要に応じて、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を行うことが望ましい。

上記導体層の形成は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により行うことができる。

- 具体的には、光信号伝送用開口を形成した後、該光信号伝送用開口の壁面に触媒核を付与し、その後、光信号伝送用開口が形成された基板を無電解めっき浴に浸漬する方法等を用いることができる。

また、無電解めっきやスパッタリングを組み合わせる2層以上からなる導体層を形成してもよいし、無電解めっきやスパッタリングの後、電解めっきを行って2層以上からなる導体層を形成してもよい。

- このような導体層形成工程においては、上記光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成するとともに、上記（b）の工程を経て形成した層間絶縁層上に、最外層の導体回路を形成することが望ましい。

具体的には、まず、無電解めっき等により光信号伝送用開口の壁面に導体層を形成する際に、層間絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

次に、この層間絶縁層表面に形成した導体層上にめっきレジストを形成する。

めっきレジストの形成は、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着載置し、露光現像処理を施すことにより行えばよい。

- さらに、上記層間絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっき
5 を行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、その後、上記め
っきレジストと該めっきレジスト下の導体層を除去することにより層間絶縁層上
に独立した導体回路を形成する。

- また、上記導体層を形成した後、上記導体層の壁面に粗化面を形成してもよい。
上記粗化面の形成は、黒化（酸化）－還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含む
10 エッチング液等を用いたエッチング処理、Cu－Ni－P針状合金めっきによる
処理等を用いて行うことができる。

また、上記光信号伝送用開口を形成した後、必要に応じて、該開口に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂充填工程を行うことが望ましい。

- 未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、樹脂組成物お
15 よび空隙から構成される光信号伝送用光路、または、樹脂組成物から構成される
光信号伝送用光路を形成することができる。

具体的な未硬化の樹脂組成物の充填方法としては特に限定されず、印刷やポッ
ティング等の方法を用いることができる。

- なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、未硬化の樹脂組成物
20 は一回で印刷してもよいし、2回以上に分けて印刷してもよい。

また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光信号伝送用開口の内積
よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光信号伝送用開
口から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。

- 上記余分な樹脂組成物の除去は、研磨等により行うことができる。また、余分
25 な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であっても良いし、
完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択す
ればよい。

なお、上記樹脂組成物充填工程を行わない場合、空隙から構成される光信号伝
送用光路を形成することができる。

このような開口形成工程と、必要に応じて行う、粗化面形成工程、導体層形成工程、および、樹脂組成物充填工程を経ることにより、上記（a）および上記（b）の工程を経て製造した多層配線板に光信号伝送用光路の一部を形成することができる。また、上記導体層形成工程を行う際に、層間絶縁層の表面にも導体層

5 を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。勿論、上記導体層を形成工程を行わない場合であっても、上述した方法により層間絶縁層の表面に導体回路を形成することができる。

次に、上記（d）の工程、即ち、上記（c）の工程で形成した開口に連通した開口を有するソルダーレジスト層を上記多層配線板の片面に形成するソルダーレ

10 ジスト層形成工程を行う。

具体的には、下記（1）および（2）の工程を行うことによりソルダーレジスト層を形成することができる。

（1）まず、光信号伝送用開口を形成した多層配線板の最外層にソルダーレジスト組成物の層を形成する。

15 上記ソルダーレジスト組成物の層は、第五群の本発明の第二の発明の製造方法の（c）ソルダーレジスト層形成工程で用いる方法と同様の方法により形成することができる。

（2）次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光信号伝送用開口に連通した開口（以下、光路用開口ともいう）を形成する。

20 具体的には、露光現像処理やレーザ処理等により形成することができる。

また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田バンプ形成用開口を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口の形成と、上記半田バンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と

25 半田バンプ形成用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

また、上記光路用開口の断面の径は、上記光信号伝送用開口の断面の径よりも小さくてもよい。この場合、上記光路開口の断面の径は上記光信号伝送用開口の断面の径よりも20～100 μm 小さくすればよい。

このような（１）および（２）の工程を経ることにより、光信号伝送用開口の形成された多層配線板上に、該光信号伝送用開口と連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成することができる。

また、上記（ｃ）の開口形成工程で、光信号伝送用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した場合、上記ソルダーレジスト層に形成した光路用開口には、上記光信号伝送用開口と同様の方法で未硬化の樹脂組成物を充填してもよい。このようにソルダーレジスト層の光路用開口に未硬化の樹脂組成物を充填した後、該未硬化の樹脂組成物の硬化処理を施すことにより、樹脂組成物から構成される光信号伝送用光路を形成することができる。

- 10 なお、上記光路用開口に連通した開口を有するソルダーレジスト層は、多層配線板の片面、即ち、多層配線板の光信号伝送用開口形成側に形成することとなるが、多層配線板の他方の面に、開口を有さないソルダーレジスト層を形成してもよい。

- 15 また、上記光信号伝送用開口と上記光路用開口とを形成した後、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部や、光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を行うことが望ましい。光信号の伝送損失をより抑えることができるからである。

- 20 上記光信号伝送用光路の端部や光信号伝送用光路中にマイクロレンズを形成するには、第五群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法で説明した方法と同様の方法を用いることができる。

第五群の本発明の第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法では、このような（ａ）～（ｄ）の工程を行った後、下記の方法を用いて、半田パッドや半田バンプの形成、光学素子の実装を行うことによりＩＣチップ実装用基板を製造することができる。

- 25 半田パッドや半田バンプの形成、光学素子の実装は、第五群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法と同様の方法により行うことができる。

なお、第五群の本発明の第二および第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法では、基板と層間絶縁層との間に光導波路を形成している。しかしながら、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板における光導波路の形成位

置は、基板と層間絶縁層との間に限定されるものではなく、層間絶縁層同士の間であってもよい。

このような構成のICチップ実装用基板は、第五群の本発明の第二の発明のICチップ実装用基板の製造方法において、(a)の工程、即ち、光導波路形成工程で光導波路を形成せず、(b)の工程、即ち、多層配線板製造工程で層間絶縁層と導体回路とを積層形成した後、光導波路を形成することにより製造することができる。

発明を実施するための最良の形態

10 以下、本発明をさらに詳細に説明する。

なお、以下の実施例においては特に示さない限り、樹脂の熱膨張係数は50～70℃で測定した値であり、樹脂の特性（粒子の含有量や屈折率、透過率）は、硬化後の特性である。

(実施例1)

15 A. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

ビスフェノールA型エポキシ樹脂（エポキシ当量469、油化シェルエポキシ社製エピコート1001）30重量部、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（エポキシ当量215、大日本インキ化学工業社製 エピクロンN-673）40重量部、トリアジン構造含有フェノールノボラック樹脂（フェノール性水酸基当量120、大日本インキ化学工業社製 フェノライトKA-7052）30重量部をエチルジグリコールアセテート20重量部、ソルベントナフサ20重量部に、
20 攪拌しながら加熱溶解させ、そこへ末端エポキシ化ポリブタジエンゴム（ナガセ化成工業社製 デナレックスR-45EPT）15重量部と2-フェニルー4、5-ビス（ヒドロキシメチル）イミダゾール粉碎品1.5重量部、微粉碎シリカ
25 2重量部、シリコーン系消泡剤0.5重量部を添加しエポキシ樹脂組成物を調製した。

得られたエポキシ樹脂組成物を厚さ38μmのPETフィルム上に乾燥後の厚さが50μmとなるようにロールコートを用いて塗布した後、80～120℃で10分間乾燥させることにより、層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

B. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

ビスフェノールF型エポキシモノマー（油化シェル社製、分子量：310、YL983U）100重量部、表面にシランカップリング剤がコーティングされた平均粒径が $1.6\mu\text{m}$ で、最大粒子の直径が $15\mu\text{m}$ 以下の SiO_2 球状粒子（アドテック社製、CRS 1101-CE）170重量部およびレベリング剤（サンプロコ社製 ペレノールS4）1.5重量部を容器にとり、攪拌混合することにより、その粘度が $23\pm 1^\circ\text{C}$ で $45\sim 49\text{Pa}\cdot\text{s}$ の樹脂充填材を調製した。なお、硬化剤として、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、2E4MZ-CN）6.5重量部を用いた。

10 C. ICチップ実装用基板の製造

（1）厚さ 0.8mm のガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリアジン）樹脂からなる絶縁性基板1021の両面に $18\mu\text{m}$ の銅箔1028がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図8（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板1021の両面に導体回路1024とスルーホール1029とを形成した。

（2）スルーホール1029と導体回路1024とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、 NaOH （ 10g/l ）、 NaClO_2 （ 40g/l ）、 Na_3PO_4 （ 6g/l ）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化处理、および、 NaOH （ 10g/l ）、 NaBH_4 （ 6g/l ）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール1029を含む導体回路1024の表面に粗化面（図示せず）を形成した（図8（b）参照）。

（3）上記Bに記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール1029内および基板1021の片面の導体回路非形成部と導体回路1024の外縁部とに樹脂充填材1030'の層を形成した。

即ち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、 100°C 、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、 100°C 、20分の条件で乾燥させること

により樹脂充填材 1030' の層を形成した（図8（c）参照）。

- （4）上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路1024の表面やスルーホール1029のランド表面に樹脂充填材1030' が残らないように研
5 磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層1030を形成した。

- このようにして、スルーホール1029や導体回路非形成部に形成された樹脂
10 充填材1030の表層部および導体回路1024の表面を平坦化し、樹脂充填材1030と導体回路1024の側面とが粗化面（図示せず）を介して強固に密着し、また、スルーホール1029の内壁面と樹脂充填材1030とが粗化面（図示せず）を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図8（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層1030の表面と導体回路1024の表面とが同一平面
15 となる。

- （5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路1024の表面とスルーホール1029のランド表面と内壁とをエッチングすることにより、導体回路1024の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミ
20 ダゾール銅（I I）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

- （6）次に、上記Aで作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて
25 貼り付けることにより層間絶縁層1022を形成した（図8（e）参照）。

即ち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

（7）次に、層間絶縁層1022上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成された

マスクを介して、波長 $10.4\ \mu\text{m}$ の CO_2 ガスレーザにて、ビーム径 $4.0\ \text{mm}$ 、トップハットモード、パルス幅 $8.0\ \mu\text{s}$ 、マスクの貫通孔の径 $1.0\ \text{mm}$ 、1ショットの条件で層間絶縁層 1022 に、直径 $80\ \mu\text{m}$ のバイアホール用開口 1026 を形成した（図 9（a）参照）。

5 (8) バイアホール用開口 1026 を形成した基板を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃ の溶液に 10 分間浸漬し、層間絶縁層 1022 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 1026 の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

(9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シプレイ社製）に浸漬して

10 から水洗いした。

さらに、粗面化処理（粗化深さ $3\ \mu\text{m}$ ）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 1022 の表面（バイアホール用開口 1026 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。即ち、上記基板を塩化パラジウム（ PdCl_2 ）と塩化第一スズ（ SnCl_2 ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

(10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層1022の表面（バイアホール用開口1026の内壁面を含む）に厚さ0.6～3.0 μmの薄膜導体層（無電解銅めっき膜）1032を形成した（図9（b）参照）。

20 [無電解めっき水溶液]

NiSO ₄	0.003	mol/l
酒石酸	0.200	mol/l
硫酸銅	0.030	mol/l
HCHO	0.050	mol/l
NaOH	0.100	mol/l
α、α′-ビピリジル	100	mg/l
ポリエチレングリコール (PEG)	0.10	g/l

〔無電解めっき条件〕

30℃の液温度で40分

(11) 次に、薄膜導体層（無電解銅めっき膜）1032が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 100 mJ/cm^2 で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ のめっきレジスト1023を設けた（図9（c）参照）。

- 5 (12) ついで、基板を 50°C の水で洗浄して脱脂し、 25°C の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト1023非形成部に、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜1033を形成した（図9（d）参照）。

〔電解めっき液〕

10	硫酸	2.24 mol/l
	硫酸銅	0.26 mol/l
	添加剤	19.5 ml/l

（アテックジャパン社製、カパラシドHL）

〔電解めっき条件〕

15	電流密度	1 A/dm^2
	時間	65 分
	温度	$22\pm 2^\circ\text{C}$

- (13) さらに、めっきレジスト1023を5%NaOHで剥離除去した後、そのめっきレジスト1023下の薄膜導体層を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、薄膜導体層（無電解銅めっき膜）1032と電解銅めっき膜1033とからなる厚さ $18\text{ }\mu\text{m}$ の導体回路1025（バイアホール1027を含む）を形成した（図10（a）参照）。
- 20

- (14) さらに、上記（5）の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路1025の表面に粗化面（図示せず）を形成し、次いで、
- 25 上記（6）～上記（8）の工程と同様にしてバイアホール用開口1026を有し、その表面に粗化面（図示せず）が形成された層間絶縁層1022を積層形成した（図10（b）参照）。

その後、直径 $395\text{ }\mu\text{m}$ のドリルを用いて、基板1021および層間絶縁層1022を貫通する貫通孔1046を形成し、さらに、貫通孔1046の壁面にデ

スミア処理を施した（図 10（c）参照）。

（15）次に、上記（9）の工程で用いた方法と同様の方法で、貫通孔 1046 の壁面および層間絶縁層 1022 の表面に触媒を付与し、さらに、上記（10）の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層 1022 の表面（バイアホール用開口 1026 の内壁面を含む）、および、貫通孔 1046 の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜）1032 を形成した（図 11（a）参照）。

（16）次に、上記（11）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 1023 を設け、さらに、上記（12）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 1023 非形成部に、厚さ $20\text{ }\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜 1033 を形成した（図 11（b）参照）。

（17）次に、上記（13）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 1023 の剥離と、めっきレジスト 1023 下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路 1025（バイアホール 1027 を含む）および導体層 1045 を形成した。

さらに、上記（2）の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路 1025 の表面および導体層 1045 の表面を粗化面（図示せず）とした（図 11（c）参照）。

（18）次に、スキージを用いて、導体層 1045 が形成された貫通孔 1046 内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、樹脂組成物層 1042a を形成した（図 12（a）参照）。

（19）次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル（DMDG）に 60 重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（日本化薬社製）のエポキシ基 50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー（分子量：4000）46.67 重量部、メチルエチルケトンに溶解させた 80 重量%のビスフェノール A 型エポキシ樹脂（油化シェル社製、商品名：エピコート 1001）15.0 重量部、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、商品名：2E4MZ-CN）1.6 重量部、感光性モノマーである 2 官能アクリルモノマー（日

本化薬社製、商品名：R 6 0 4） 4． 5 重量部、同じく多価アクリルモノマー（共栄化学社製、商品名：D P E 6 A） 1． 5 重量部、分散系消泡剤（サンノプロ社製、S - 6 5） 0． 7 1 重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン（関東化学社製） 2． 0 重量部、光増感剤としてのミヒラーケトン（関東化学社製） 0． 2 重量部、を加えることにより、粘度を 2 5℃で 2． 0 P a ・ s に調整したソルダーレジスト組成物を得た。

なお、粘度測定は、B 型粘度計（東京計器社製、D V L - B 型）で 6 0 m i n⁻¹（r p m）の場合はローター N o． 4、6 m i n⁻¹（r p m）の場合はローター N o． 3 によった。

（2 0）次に、樹脂組成物層 1 0 4 2 a を形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を 3 0 μ m の厚さで塗布し、7 0℃で 2 0 分間、7 0℃で 3 0 分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層 1 0 3 4' を形成した。（図 1 2 （b）参照）。

（2 1）次いで、半田バンプ形成用開口および光路用開口のパターンが描画された厚さ 5 m m のフォトマスクを I C チップ実装側のソルダーレジスト組成物の層 1 0 3 4' に密着させて 1 0 0 0 m J / c m² の紫外線で露光し、DM T G 溶液で現像処理し、直径 2 0 0 μ m の開口を形成した。

さらに、8 0℃で 1 時間、1 0 0℃で 1 時間、1 2 0℃で 1 時間、1 5 0℃で 3 時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト組成物の層を硬化させ、半田バンプ形成用開口 1 0 4 7、および、光路用開口 1 0 4 2 b を有し、その厚さが 2 0 μ m のソルダーレジスト層 1 0 3 4 を形成した（図 1 3 （a）参照）。なお、上記ソルダーレジスト組成物としては、市販のソルダーレジスト組成物を使用することもできる。

（2 2）次に、ソルダーレジスト層 1 0 3 4 を形成した基板を、塩化ニッケル（2． 3 × 1 0⁻¹ m o l / l）、次亜リン酸ナトリウム（2． 8 × 1 0⁻¹ m o l / l）、クエン酸ナトリウム（1． 6 × 1 0⁻¹ m o l / l）を含む p H = 4． 5 の無電解ニッケルめっき液に 2 0 分間浸漬して、半田バンプ形成用開口 1 0 4 7 に厚さ 5 μ m のニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カ

リウム ($7.6 \times 10^{-3} \text{mol/l}$)、塩化アンモニウム ($1.9 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、クエン酸ナトリウム ($1.2 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、次亜リン酸ナトリウム ($1.7 \times 10^{-1} \text{mol/l}$) を含む無電解金めっき液に 80°C の条件で 7.5 分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ $0.03 \mu\text{m}$ の金めっき層を形成し、半田パッド 1036 とした。

(23) 次に、ソルダーレジスト層 1034 に形成した半田バンプ形成用開口 1047 に半田ペーストを印刷し、さらに、受光素子 1038 および発光素子 1039 の受光部 1038a および発光部 1039a の位置合わせを行いながら取り付け、 200°C でリフローすることにより、受光素子 1038 および発光素子 1039 を実装するとともに、半田バンプ形成用開口 1047 に半田バンプ 1037 を形成し、ICチップ実装用基板を得た (図 13 (b) 参照)。

なお、受光素子 1038 としては、InGaAs からなるものを用い、発光素子 1039 としては、InGaAsP からなるものを用いた。

なお、本実施例で製造した ICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

(実施例 2)

実施例 1 の (18) の工程において、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物に代えて、ポリオレフィンを含む樹脂組成物を用いた以外は実施例 1 と同様にして ICチップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造した ICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

(実施例 3)

実施例 1 の (18) の工程、即ち、樹脂組成物層 1042a を形成する工程を行わなかった以外は実施例 1 と同様にして ICチップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造した ICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が空隙とその周囲の導体層とにより構成されることとなる。

(実施例 4)

実施例 1 の (15) および (16) の工程において、貫通孔の壁面には導体層を形成しなかった以外は、実施例 1 と同様にして ICチップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造した I C チップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されることとなる。

(実施例 5)

- 5 実施例 1 の (1 5) および (1 6) の工程において、貫通孔の壁面には導体層を形成せず、(1 8) の工程において、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物に代えて、ポリオレフィンを含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例 1 と同様にして I C チップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造した I C チップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されることとなる。

10 (実施例 6)

実施例 1 の (1 5) および (1 6) の工程において、貫通孔の壁面には導体層を形成せず、(1 8) の工程、即ち、樹脂組成物層 1 0 4 2 a を形成する工程を行わなかった以外は実施例 1 と同様にして I C チップ実装用基板を得た。

- 15 なお、本実施例で製造した I C チップ実装用基板では、光信号伝送用光路が空隙により構成されることとなる。

このようにして得られた実施例 1 ～ 6 の I C チップ実装用基板について、これらの I C チップ実装用基板を光信号伝送用光路を通るように刃物で切断し、その断面を観察したところ、I C チップ実装用基板を貫通する光路が確保されていた。

- 20 また、I C チップ実装用基板の光信号伝送用光路の受光素子実装側と反対側の端部に PMMA からなる光導波路を配置し、光信号伝送用光路の発光素子実装側と反対側の端部に検出器を取り付け、その後、上記光導波路光を介して光信号を送り、I C チップで演算させた後、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができた。

- 25 また、受光素子および発光素子と光信号伝送用光路との接続損失を測定したところ、その接続損失は小さく、光信号の伝送に問題が発生するものではなかった。

(実施例 7 ～ 1 3)

実施例 1 の (1 8) の工程において、下記の方法を用いて樹脂組成物層を形成した以外は、実施例 1 と同様にして I C チップ実装用基板を得た。

すなわち、まず、エポキシ系樹脂 (屈折率 1 . 5 3 、透過率 9 1 % / mm 、熱

膨張係数 82 ppm) に 0.1 ~ 0.8 μ m の粒度分布を有する粉砕シリカをその含有量が表 1 に示した含有量となるように添加した樹脂組成物を調製し、これをスクリーン印刷により貫通孔内に充填した。ここで、樹脂組成物は、BH 型 No. 7 で 10 rpm で測定した粘度が 200000 cps (mP · s) となるように調製した。なお、表 1 には、樹脂組成物の透過率、および、熱膨張係数も併せて示す。

次に、120℃で1時間、および、150℃で2時間の条件で樹脂組成物を硬化した。

さらに、貫通孔内から溢れた樹脂組成物を #3000 研磨紙を用いた研磨により除去し、続いて、0.05 μ m のアルミナ粒子を用いた研磨を行い、表層を平坦化して、樹脂組成物層を形成した。

表 1

	粉砕シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
15 実施例7	0	91	72
実施例8	5	84	67
実施例9	10	81	58
実施例10	20	84	50
実施例11	40	82	40
20 実施例12	50	81	38
実施例13	60	78	32

(比較例)

A. ICチップ実装用基板の作製

後述する実施例 33 の A の工程と同様にして、ICチップ実装用基板を作製した。

B. 多層プリント配線板の作製

実施例 33 の B の工程と同様にして、多層プリント配線板を製造した。

C. IC実装光通信用デバイスの製造

まず、上記 A の工程を経て製造した ICチップ実装用基板 70120 に、IC

チップ70140をワイヤボンディングにより実施し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。

- 次に、このICチップ実装基板と上記Bの工程を経て製造した多層プリント配線板70100とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田バンプ同士を接続して半田接続部70137を形成し、光通信デバイス70150とした（図79参照）。このようにして製造した光通信デバイス70150では、ICチップ実装用基板70120と多層プリント配線板70100との隙間70160が空隙により構成されている。

- また、図79に示した光通信デバイス70150の断面図では、多層プリント配線板70100に形成した光導波路30118a、30118bが途中で切れているように見えるが、実際には、光路変換ミラー30119a、30119bが形成された側と反対側の端面が、多層プリント配線板の側面と揃うように形成されている。

- また、光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板70120では、光学素子（受光素子および発光素子）がICチップ実装用基板内に完全に内蔵され、該光学素子は、ワイヤボンディングにより実装されている。また、光学素子を実装するための凹部には、樹脂組成物が充填されている。

ICチップ70140は、ワイヤ70141を介してICチップ実装用基板70120に接続されている。

- 上述したようにして得られた実施例7～13に係るICチップ実装用基板について、樹脂組成物の充填性、および、液相温度サイクル試験後の樹脂組成物層におけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表2に示した。

- なお、樹脂組成物の充填性は、樹脂組成物層を形成した後、ICチップ実装用基板を光信号伝送用光路を通るように刃物で切断し、その断面を観察することにより評価した。

また、液相温度サイクル試験は、-55℃／3分間および125℃／3分間を1サイクルとして、250サイクル、500サイクルおよび1000サイクルのそれぞれを行い、クラックの発生の有無の評価は、クロスカットにて顕微鏡観察で行った。

また、比較例で作製した光通信用デバイスについては、上述した条件と同様の条件で液相温度サイクル試験を行い、各サイクル試験実施後の光学素子および光導波路を介した光信号の伝送性を評価した。

表 2

5

	樹脂組成物の充填性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例7	○	○	○	△
実施例8	○	○	○	△
実施例9	○	○	○	○
10 実施例10	○	○	○	○
実施例11	○	○	○	○
実施例12	○	○	○	○
実施例13	○	○	○	○
比較例	—	○	△	×

15

なお、表 2 においては、実施例 7～13 の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

樹脂組成物の充填性の評価基準

○ 貫通孔内が樹脂組成物で完全に充填されており、ボイドが発生していなかった。

20

△ 貫通孔内に充填した樹脂組成物の一部でボイドが発生している部分が観察され、光信号伝送能の低下がみられた。

× 貫通孔内に充填した樹脂組成物に大きなボイドが発生しており、光信号を伝送することができなかった。

液相温度サイクル試験の評価基準

25

○ クラックが、観察されなかった。

△ クラックが若干発生しているものの、光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができた。

× クラックが発生しており、光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができなかった。

比較例における光信号の伝送性の評価基準

○ 光学素子および光導波路を介して、光信号を伝送することができた。

△ 伝送損失が増加がみられるものの、光学素子および光導波路を介して、光信号を伝送することができた。

- 5 × 光学素子および光導波路を介して、光信号を伝送することができないものがあった。

また、実施例 8 ～ 13 では、光信号伝送用光路を構成する樹脂組成物に粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については若干の違い
10 があるものの、樹脂組成物の充填性および液相温度サイクルの結果については、同様の結果が得られた。

(実施例 14)

A. ICチップ実装用基板の作製

A-1. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

- 15 実施例 1 の A の工程と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

A-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

実施例 1 の B の工程と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を調製した。

A-3. ICチップ実装用基板の製造

- 20 (1) 厚さ 0.8 mm のガラスエポキシ樹脂または BT (ビスマレイミドトリアジン) 樹脂からなる絶縁性基板 2021 の両面に 18 μ m の銅箔 2028 がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした (図 17 (a) 参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板 2021 の両面に導体回路 2024 とスルーホール 2
25 029 とを形成した (図 17 (b) 参照)。

(2) スルーホール 2029 と導体回路 2024 とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、NaOH (10 g/l)、NaClO₂ (40 g/l)、Na₃PO₄ (6 g/l) を含む水溶液を黒化浴 (酸化浴) とする黒化处理、および、NaOH (10 g/l)、NaBH₄ (6 g/l) を含む水溶液を還元浴とする還

元処理を行い、スルーホール 2029 を含む導体回路 2024 の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

- （３）上記 A-2 に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後 24 時間以内に、スルーホール 2029 内および基板 2021 上の導体回路非形成部と導体回路 2024 の外縁部とに樹脂充填材 2030' の層を形成した。

- すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20 分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20 分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材 2030' の層を形成した（図 17（c）参照）。

- （４）上記（３）の処理を終えた基板の片面を、＃600 のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路 2024 の表面やスルーホール 2029 のランド表面に樹脂充填材 2030' が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で 1 時間、120℃で 3 時間、150℃で 1 時間、180℃で 7 時間の加熱処理を行って樹脂充填材層 2030 を形成した。

- このようにして、スルーホール 2029 や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材 2030 の表層部および導体回路 2024 の表面を平坦化し、樹脂充填材 2030 と導体回路 2024 の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール 2029 の内壁面と樹脂充填材 2030 とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図 17（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層 2030 の表面と導体回路 2024 の表面とが同一平面となる。

- （５）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路 2024 の表面とスルーホール 2029 のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路 2024 の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅（I I）錯体 10 重量部、グリコール酸 7 重量部、塩化カリウム 5 重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

(6) 次に、上記A-1で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層2022を形成した(図17(e)参照)。

- 5 すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

- (7) 次に、層間絶縁層2022上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、
10 mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層2022に、直径80μmのバイアホール用開口2026を形成した(図18(a)参照)。

- (8) バイアホール用開口2026を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間絶縁層2022の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口2026の
15 内壁面を含むその表面に粗化面(図示せず)を形成した。

(9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液(シプレイ社製)に浸漬してから水洗いした。

- さらに、粗面化処理(粗化深さ3μm)した該基板の表面に、パラジウム触媒
20 を付与することにより、層間絶縁層2022の表面(バイアホール用開口2026の内壁面を含む)に触媒核を付着させた(図示せず)。すなわち、上記基板を塩化パラジウム(PdCl₂)と塩化第一スズ(SnCl₂)とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

- (10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間
25 絶縁層2022の表面(バイアホール用開口2026の内壁面を含む)に厚さ0.6~3.0μmの無電解銅めっき膜2032を形成した(図18(b)参照)。

[無電解めっき水溶液]

NiSO ₄	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l

227

硫酸銅 0.030 mol/l

HCHO 0.050 mol/l

NaOH 0.100 mol/l

 α 、 α' - ビピリジル 100 mg/l

5 ポリエチレングリコール (PEG) 0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

30℃の液温度で40分

(11) 次に、無電解銅めっき膜2032が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm²で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ20 μ mのめっきレジスト2023を設けた (図18 (c) 参照)。

(12) ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト2023非形成部に、厚さ20 μ mの電解銅めっき膜2033を形成した (図18 (d) 参照)。

〔電解めっき液〕

硫酸 2.24 mol/l

硫酸銅 0.26 mol/l

添加剤 19.5 ml/l

20 (アトテックジャパン社製、カパラシドGL)

〔電解めっき条件〕

電流密度 1 A/dm²

時間 65 分

温度 22 \pm 2 °C

25 (13) さらに、めっきレジスト2023を5%NaOHで剥離除去した後、めっきレジスト2023下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜2032と電解銅めっき膜2033とからなる厚さ18 μ mの導体回路2025 (バイアホール2027を含む) を形成した (図19 (a) 参照)。

(14) 次に、上記(5)～(12)の工程を繰り返すことにより、上層の層間絶縁層と導体回路とを積層形成した(図19(b)、(c)参照)

さらに、上記(5)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液(メックエッチボンド)を用い、導体回路2025(バイアホール2027を含む)表面に粗化面(図示せず)を形成した。

(15) 次に、実施例1の(19)の工程と同様にして、 solderレジスト組成物を調整した。

(16) 次に、層間絶縁層2022と導体回路2025(バイアホール2027を含む)とを形成した基板の両面に、上記 solderレジスト組成物を $30\mu\text{m}$ の厚さで塗布し、 70°C で20分間、 70°C で30分間の条件で乾燥処理を行い、 solderレジスト組成物の層2034'を形成した(図20(a)参照)。

(17) 次いで、半田バンプ形成用開口と光学素子(受光素子および発光素子)実装用開口のパターンが描画された厚さ 5mm のフォトマスクを一方の solderレジスト組成物の層に密着させて $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理した。

そして、さらに、 80°C で1時間、 100°C で1時間、 120°C で1時間、 150°C で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行って solderレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口2035と光学素子実装用開口2031とを有し、その厚さが $20\mu\text{m}$ の solderレジスト層2034を形成した。なお、半田バンプ形成用開口2035は、その直径が $150\mu\text{m}$ であり、その間隔が $250\mu\text{m}$ である。

また、他方の solderレジスト組成物の層には、ICチップを実装するための開口のパターンが描画されたフォトマスクを密着させ、上記した露光現像条件と同様の条件で露光現像処理を施すことにより、ICチップを実装するための開口2035を形成した(図20(b)参照)。

なお、半田バンプ形成用開口の直径は、通常、 $50\sim 200\mu\text{m}$ 程度であり、その間隔は、通常、 $100\sim 250\mu\text{m}$ 程度である。

(18) 次に、 solderレジスト層2034を形成した基板を、塩化ニッケル($2.3\times 10^{-1}\text{mol}/\text{l}$)、次亜リン酸ナトリウム($2.8\times 10^{-1}\text{mol}$

1 / 1)、クエン酸ナトリウム ($1.6 \times 10^{-1} \text{mol/l}$) を含む $\text{pH} = 4.5$ の無電解ニッケルめっき液に 20 分間浸漬して、半田バンプ形成用開口 2035 と光学素子実装用開口 2031 に厚さ $5 \mu\text{m}$ のニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム ($7.6 \times 10^{-3} \text{mol/l}$)、塩化アンモニウム ($1.9 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、クエン酸ナトリウム ($1.2 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、次亜リン酸ナトリウム ($1.7 \times 10^{-1} \text{mol/l}$) を含む無電解金めっき液に 80°C の条件で 7.5 分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ $0.03 \mu\text{m}$ の金めっき層を形成し、半田パッド 2036 および光学素子接続用パッド 2042 とした。

- 10 (19) 次に、ソルダーレジスト層 2034 を形成した光学素子実装用開口 2031 内にダイボンディング用樹脂を用いて、受光素子 2038 および発光素子 2039 を受光部および発光部の位置合わせを行いながら取り付けた。

なお、受光素子 2038 としては、 InGaAs からなるものを用い、発光素子 2039 としては、 InGaAsP からなるものを用いた。

- 15 次に、受光素子 2038 および発光素子 2039 と、光学素子実装用開口 2031 の底面に露出した光学素子接続用パッド 2042 とをワイヤボンディングにより接続した。ここでワイヤ 2045 としては、 Au 製のワイヤを用いた。

次に、光学素子 2038 および発光素子 2039 の周囲を下記の方法により樹脂封止した。

- 20 すなわち、光学素子 2038、2039 を実装した光学素子実装用開口 2031 内に、熱硬化型エポキシ樹脂、 $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の粒度分布を有する粒子、酸無水物、消泡剤および硬化剤を含む未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより、光学素子の周囲を樹脂 2047 により封止した。

- (20) 次に、ソルダーレジスト層 2034 に形成した半田バンプ形成用開口 2035 に半田ペーストを印刷し、 200°C でリフローすることにより半田バンプ 2037 を形成し、さらに、IC チップを実装するための開口にも同様にして半田バンプを形成し、IC チップ実装用基板とした。

B. 多層プリント配線板の作製

B-1. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1 で用いた方法と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

B-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

A-2 で用いた方法と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を作製した。

5 B-3. 多層プリント配線板の製造

(1) 厚さ 0.6 mm のガラスエポキシ樹脂または BT 樹脂からなる絶縁性基板 2001 の両面に 18 μ m の銅箔 2008 がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした (図 22 (a) 参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板 2001 の両面に導体回路 2004 とスルーホール 2009 とを形成した (図 22 (b) 参照)。

(2) スルーホール 2009 と導体回路 2004 とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチング液 (メック社製、メックエッチボンド) をスプレーで吹き付け、スルーホール 2009 を含む導体回路 2004 の表面に粗化面 (図示せず) を形成した。

(3) 上記 B-2 に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後 24 時間以内に、スルーホール 2009 内および基板 2001 上の導体回路非形成部と導体回路 2004 の外縁部とに樹脂充填材 2010' の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20 分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20 分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材 2010' の層を形成した (図 22 (c) 参照)。

(4) 上記 (3) の処理を終えた基板の片面を、#600 のベルト研磨紙 (三共理化学社製) を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路 2004 の表面やスルーホール 2009 のランド表面に樹脂充填材 2010' が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃

で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層2010を形成した。

このようにして、スルーホール2009や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材2010の表層部および導体回路2004の表面を平坦化し、樹脂充填材2010と導体回路2004の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、ス
5 ルーホール2009の内壁面と樹脂充填材2010とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図22（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層2010の表面と導体回路2004の表面とが同一平面となる。

（5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路2004の表面とスルーホール2009のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路2004の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。なお、エッチング液としては、メ
10 ック社製、メックエッチボンドを使用した。

（6）次に、上記B-1で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層2002を形成した（図23（a）参照）。すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

（7）次に、層間絶縁層2002上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層2002に、直径80μmのバイアホール用開口2006を形成した（図23（b）参照）。

（8）バイアホール用開口2006を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間絶縁層2002の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口2006の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

（9）次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬して

から水洗いした。

さらに、粗化面処理（粗化深さ $3\ \mu\text{m}$ ）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 2002 の表面（バイアホール用開口 2006 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。すなわち、上記基板を
5 塩化パラジウム（ PdCl_2 ）と塩化第一スズ（ SnCl_2 ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

（10）次に、基板を無電解銅めっき水溶液中に浸漬し、層間絶縁層 2002 の表面（バイアホール用開口 2006 の内壁面を含む）に厚さ $0.6 \sim 3.0\ \mu\text{m}$ の無電解銅めっき膜 2012 を形成した（図 23（c）参照）。

10 なお、使用した無電解めっき水溶液、および、無電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の（10）と同様である。

（11）無電解めっき膜 2012 を形成した基板を水洗し、その後、電解めっきを施し、無電解めっき膜 2012 上全体に、厚さ $20\ \mu\text{m}$ の電解銅めっき膜 2013 を形成した（図 24（a）参照）。

15 なお、使用した電解めっき水溶液、および、電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の（12）と同様である。

（12）次に、電解銅めっき膜 2013 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、 0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、エッチングレジスト 20
20 03 を形成した（図 24（b）参照）。

（13）次に、エッチングレジスト非形成部下の電解銅めっき膜と無電解めっき膜とを、硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、その後、エッチングレジストを $5\%\text{NaOH}$ 溶液で剥離除去することにより無電解銅めっき膜 2012 と電解銅めっき膜 2013 とからなる導体回路 2007（バイ
25 アホール 2005 を含む）を形成した（図 24（c）参照）。

さらに、エッチング液（メックエッチボンド）を用い、導体回路 2005（バイアホール 2007 を含む）表面に粗化面（図示せず）を形成した。

（14）次に、層間絶縁層 2002 表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラー 2019（2019a、2019b）を有する光導波路 2018

(2018a、2018b)を形成した(図25(a)参照)。

- すなわち、予め、その一端に先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路変換ミラー2019を形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路(幅25 μ m、厚さ25 μ m)を、光路変換ミラー非形成側の他端の側面
5 と層間絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。

なお光導波路の張り付けは、該光導波路の層間絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10 μ mに塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。

- なお、本実施例では、60℃/1時間の条件で硬化を行ったが、場合によって
10 はステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

- (15) 次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(15)と同様にしてソルダーレジスト組成物を調製し、さらに、基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を35 μ mの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で
15 乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層2014'を形成した(図25(b)参照)。

- (16) 次いで、基板の片面に、半田バンプ形成用開口と光路用開口とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、直径15
20 0 μ mの開口を250 μ m間隔で形成した。

- そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口2015と光路用開口2011(2011a、2011b)とを有し、その厚さが20 μ mのソルダーレジスト層2014を形成した
25 (図26(a)参照)。

(17) 次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(18)の工程と同様にし、ニッケルめっき層と金めっき層とを形成し、半田パッド2016とした。

(18) 次に、ソルダーレジスト層2014に形成した半田バンプ形成用開口2015に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田バン

ブ形成用開口 2015 に半田バンプ 2017 を形成し、多層プリント配線板とした（図 26（b）参照）。

C. IC実装光通信用デバイスの製造

まず、上記 A の工程を経て製造した IC チップ実装用基板に、IC チップを実装し、その後、樹脂封止を行い、IC チップ実装基板を得た。

次に、この IC チップ実装基板と上記 B の工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田バンプ同士を接続して半田接続部を形成した。

次に、半田接続部を介して接続した多層プリント配線板と IC チップ実装基板との間に、未硬化の封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成し、光通信用デバイスとした（図 14 参照）。

なお、封止用樹脂組成物としては、熱硬化型エポキシ樹脂、0.1～0.8 μm の粒度分布を有する粒子、酸無水物、消泡剤および硬化剤を含む樹脂組成物を用いた。また、上記封止用樹脂組成物の粘度は、5 min⁻¹ (rpm) / 25℃ で 5 Pa・s である。

また、形成した封止樹脂層の透過率は、85%/mm であった。

なお、上記封止用樹脂組成物の粘度は、通常、5 min⁻¹ (rpm) / 25℃ で 1～10 Pa・s 程度である。

（実施例 15）

実施例 14 の多層プリント配線板の製造工程の（14）の工程において、光導波路を形成する際に、下記の方法を用いて、下部クラッドとコアと上部クラッドとからなり、光路変換ミラーが形成された光導波路を最外層の層間絶縁層上に形成した以外は、実施例 14 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

光導波路の形成は、まず、最外層の層間絶縁層上の所定の位置に、下部クラッド形成用 PMMA を塗布成膜し、これを加熱硬化することにより下部クラッドを形成し、その後、上記下部クラッド上に、コア形成用 PPMA を塗布成膜し、これを加熱硬化することによりコア層を形成した。

その後、コア層の表面にレジストを塗布し、フォトリソグラフィーによりレジストパターンを形成して反応性イオンエッチングにより、コアの形状にパターン

ニングすることにより下部クラッド上にコアを形成した。

次に、上記コア上に上部クラッド形成用PMMAを塗布し、これを加熱硬化することにより上記コア上に上部クラッドを形成し、光導波路とした。その後、この光導波路の一端に機械加工により45°光路変換ミラーを形成した。

- 5 なお、上記下部クラッド形成用PMMAと上記上部クラッド形成用PMMAとは、同一組成からなるものである。

(実施例16)

- 実施例14のICチップ実装用基板の製造工程の(17)の工程、および、多層プリント配線板の製造工程の(16)の工程において、半田バンプ形成用開口
10 を形成する際に、その直径が70μmで、間隔が127μmの半田バンプ形成用開口を形成した以外は実施例14と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- このようにして得られた実施例14～16のIC実装光通信用デバイスについて、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板からの露出面に光ファイバを取り付けるとともに、受光素子に代えて検出器を取り付け、その後、光ファイバを介して光信号を送り、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができ、本実施例で製造したIC実装光通信用デバイスが、光通信用デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。
15

- また、ICチップ実装用基板に実装した発光素子と、この発光素子に対向する、多層プリント配線板に形成した光導波路との間での導波損失を下記の方法で測定
20 したところ、0.3dB/cm以下であり、十分に光信号を伝送することができることが明らかとなった。

- なお、導波損失の測定は、受光用光導波路の端部に光ファイバを取り付けるとともに、光信号伝送用光路の受光素子側の端部に光ファイバを介してパワーメータを取り付け、その後、光導波路に取り付けた光ファイバから測定波長が850
25 nmの光信号を伝送し、受光用光導波路および光信号伝送用光路を介して伝送された光信号をパワーメータで検出することにより行った。

さらに、実施例14～16で得られた光通信用デバイスにおいては、光学素子(受光素子および発光素子)ならびに光導波路の設計からの位置ズレはほとんどみられなかった。

(実施例 17)

実施例 14 の B - (14) の工程において、下記の方法で作製した光導波路を用いた以外は、実施例 14 と同様にして光通信用デバイス製造した。

すなわち、①コア形成用樹脂としてアクリル系樹脂（屈折率、1.52、透過率 94%/mm、熱膨張係数 72 ppm）、クラッド形成用樹脂としてアクリル系樹脂（屈折率 1.51、透過率 93%/mm、熱膨張係数 70 ppm）を用意した。なお、上記コア形成用樹脂およびクラッド形成用樹脂は、その粘度を 1000 cps (mP・s) となるように調製した。また、上記粘度は、乳酸エチルを用いて調整した。

10 ②次に、クラッド形成用樹脂をスピコートを用いて 1000 pm/10 sec で塗布し、さらに、80℃で10分間のプリベーク、2000 mJ で露光、150℃で1時間のポストベークを行うことにより下部クラッドを形成した。

③次に、下部クラッド上に、コア形成用樹脂をスピコートを用いて 1200 pm/10 sec で塗布し、さらに、80℃で10分間のプリベーク、1000 mJ で露光、1% TMH を用いた 2 分間のディップ現像、150℃で1時間のポストベークを行うことによりコアを形成した。

④さらに、下部クラッドおよびコアの上に、クラッド形成用樹脂をスピコートを用いて 1000 pm/10 sec で塗布し、さらに、80℃で10分間のプリベーク、2000 mJ で露光、150℃で1時間のポストベークを行うことにより上部クラッドを形成し、光導波路を作製した。なお、形成した光導波路は、コアの断面のサイズが 50×50 μm、上部クラッドおよび下部クラッドの膜厚が 50 μm である。

⑤次に、90° の #3000 ブレードを用いたダイシング加工を行い、45° 光路変換部を形成した。なお、金属蒸着等によるミラーは形成しなかった。また、形成した 45° 光路変換部の伝送損失は 1.2 dB であった。

(実施例 18～25)

実施例 17 で用いたクラッド形成用樹脂に、さらに、下記表 3 に示したの配合量となるように 0.1～0.8 μm の粒度分布を有する粉碎シリカ粒子を添加したクラッド形成用樹脂組成物を用いて光導波路を作製した以外は、実施例 17 と

同様にして光通信用デバイスを製造した。

表 3

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
実施例18	8	84	67
実施例19	10	82	65
実施例20	15	84	60
実施例21	25	81	53
実施例22	50	82	41
実施例23	60	79	32
実施例24	70	75	28
実施例25	80	77	25

このようにして得られた実施例 17～25に係る光通信用デバイスについて、光導波路を作製する際のクラッドの形成性、および、液相温度サイクル試験後の光導波路におけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表 4 に示した。

なお、クラッドの形成性は、所定の厚さのクラッドを形成することができたか否かを基準に評価した。

また、液相温度サイクル試験は、実施例 7 と同様の条件で行い、光導波路におけるクラックの発生の有無は、多層プリント配線板を光導波路を通るように刃物で切断し、その断面を観察することにより行った。

表 4

	クラッド の形成性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例17	○	○	○	△
実施例18	○	○	○	△
実施例19	○	○	○	△
実施例20	○	○	○	○
実施例21	○	○	○	○
実施例22	○	○	○	○
実施例23	○	○	○	○
実施例24	△	○	○	○
実施例25	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

なお、表4においては、実施例17～25の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

15 クラッドの形成性の評価基準

○ 光導波路を10ピース作製したところ、全ての光導波路でクラッドを設計どおりの膜厚に形成することができた。

△ 光導波路を10ピース作製したところ、一部にクラッドの膜厚が設計からズレているものが存在した。

20 × 光導波路を10ピース作製したところ、全ての光導波路でクラッドを設計どおりの膜厚に形成することができなかった。

液相温度サイクル試験の評価基準

○ クラックが、観察されなかった。

25 △ クラックが若干発生しているものの、光導波路を介して光信号を伝送することができた。

× クラックが発生しており、光導波路を介して光信号を伝送することができなかった。

なお、光導波路の伝送損失は、下記の方法により測定した。

すなわち、60mm、50mm、40mm、20mmのそれぞれの長さの光導

波路の損失を測定し、最小二乗法により伝播損失を求めるカットバック法により測定した。

また、光導波路の具体的な伝播損失は、コア、クラッドともに粒子を含まない光導波路（実施例 17）で 0.22 dB/cm 、クラッドにのみ 25 重量%の粒子が含まれている光導波路（実施例 21）で 0.24 dB/cm であり、クラッドに粒子を添加しても伝播損失は殆ど変化しなかった。

さらに、実施例 18～25 では、光導波路を構成するクラッドに粉砕シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については若干の違いがあるものの、クラッドの形成性および液相温度サイクル試験の結果については、同様の結果が得られた。

また、実施例 17～25 で形成した光導波路は、マルチモード用光導波路であるが、このマルチモード用光導波路に代えて、シングルモード用光導波路を用いて実施例 17～25 と同様にして光通信用デバイスを製造した場合にも所定の光信号を伝送することができた。

なお、シングルモード用光導波路の作製は、コア形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率、1.50、透過率 $93\%/mm$ 、熱膨張係数 115 ppm ）、クラッド形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率 1.48、透過率 $93\%/mm$ 、熱膨張係数 141 ppm ）を用意し、さらに、クラッド形成用樹脂には、必要に応じて、所定の配合量となるように粒子を添加し、これらを用いて、実施例 17 と同様の方法により、コアの断面のサイズが $10 \times 10 \mu\text{m}$ 、上部クラッドおよび下部クラッドの膜厚が $10 \mu\text{m}$ のシングルモード用光導波路を作製した。

また、このような方法で作製した光導波路について、クラッドに粒子が配合されていないシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.43 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.84 dB/cm であり、クラッドに 50 重量%の粒子が配合されたシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.41 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.82 dB/cm であった。なお、上記伝送損失は、カットバック法により測定した。

また、粒子が配合されていないクラッドの熱膨張係数は141ppm、50重量%となるように粒子が配合されたクラッドの熱膨張係数は48ppmであり、上記シングルモード用光導波路を用いた光通信用デバイスについて、液相温度サイクル試験により光導波路の評価を行ったところ、実施例17～25と同様の結果が得られた。

(実施例26)

実施例14のCの工程において、下記の方法で封止樹脂層を形成した以外は、実施例14と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを半田バンプを介して接続した後、エポキシ系樹脂（透過率90%/mm、熱膨張係数67ppm）を粘度5000cps（mP・s）に調整した樹脂組成物を、ディスペンサーを用いて、ICチップ実装用基板の周囲に塗布し、その後、放置することにより、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に樹脂組成物を浸透させた。次に、120℃で1時間、および、150℃で2時間の処理を行い、樹脂組成物を硬化させ、封止樹脂層とした。なお、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との隙間は、300μmである。なお、樹脂組成物の粘度は、BH型No3で10rpmで測定した。

(実施例27～32)

実施例26で用いた樹脂組成物に、さらに、下記表5に示した配合量となるように0.1～0.8μmの粒度分布を有する粉砕シリカ粒子を添加した樹脂組成物を用いて封止樹脂層を形成した以外は、実施例26と同様にして光通信用デバイスを製造した。

表5

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
実施例27	10	82	56
実施例28	20	82	46
実施例29	50	81	32
実施例30	60	80	30
実施例31	70	82	27
実施例32	80	80	24

- 10 このようにして得られた実施例26～32に係る光通信用デバイスについて、封止樹脂層による封止性、および、液相温度サイクル試験後の光導波路におけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表6に示した。

なお、封止性の評価は、封止樹脂層をX線観察を行い、全体に封止樹脂層が形成されているか否かを基準に行った。

- 15 また、液相温度サイクル試験は、実施例7と同様の条件で行い、光導波路におけるクラックの発生の有無は、封止樹脂層を刃物で切断し、その断面を観察することにより行った。

表6

	封止樹脂層による封止性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例26	○	○	○	△
実施例27	○	○	○	△
実施例28	○	○	○	△
実施例29	○	○	○	○
実施例30	○	○	○	○
実施例31	△	○	○	○
実施例32	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

25 なお、表6においては、実施例26～32の結果とともに、上述した比較例で

製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

封止樹脂層による封止性の評価基準

○ ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との隙間全体に封止樹脂層が形成されていた。

- 5 △ 封止樹脂層の中央付近に大きなボイドは発生しておらず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との隙間の略全体に封止樹脂層が形成されているものの、封止樹脂層中には小さなボイドが発生していた。

× 封止樹脂層が、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との隙間全体に形成されておらず、該封止樹脂層の中央付近に大きなボイドが発生していた。

10 液相温度サイクル試験の評価基準

○ クラックが、観察されなかった。

△ クラックが若干発生しているものの、封止樹脂層を介して光信号を伝送することができた。

- 15 × クラックが発生しており、光信号伝送用光路を介して光信号を伝送することができなかった。

さらに、実施例27～32では、封止樹脂層に粉砕シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については若干の違いがあるものの、封止樹脂層の封止性および液相温度サイクルの結果については、同様の結果が得られた。

- 20 また、実施例26～32と同様の方法を用いて光通信用デバイスを製造する際に、封止樹脂層を形成するための樹脂組成物の粘度を高くし、放置時間を短くすることにより、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域の外周付近にのみ封止樹脂層を形成した。このような構成の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間での信号の伝送が空気層を介して行われることとなるが、この場合も光信号の伝送において不都合は発生しな
- 25 かった。

(実施例33)

A. ICチップ実装用基板の作製

A-1. パッケージ基板の作製

(a) 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

実施例1のAの工程と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

(b) 樹脂充填材（樹脂組成物）の調整

- 5 実施例1のBの工程と同様の方法を用いて樹脂充填材を調製した。

(c) パッケージ基板の製造

- (1) 厚さ0.8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリ
アジン）樹脂からなる絶縁性基板3021の両面に18 μ mの銅箔3028がラ
ミネートされている両面銅張積層板を出発材料とした（図32（a）参照）。ま
10 ず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエ
ッチングすることにより、基板3021の両面に導体回路3024とスルーホール
3029とを形成した（図32（b）参照）。

- (2) 下層導体回路3024を形成した基板3021を水洗いし、乾燥した後、
NaOH（10g/l）、NaClO₂（40g/l）、Na₃PO₄（6g/l
15 ）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化处理、および、NaOH（10g
/l）、NaBH₄（6g/l）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、
スルーホール3029を含む下層導体回路3024の表面に粗化面（図示せず）
を形成した。

- (3) 次に、上記（b）に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法によ
20 り調製後24時間以内に、スルーホール3029内および基板3021上の導体
回路非形成部と導体回路3024の外縁部とに樹脂充填材3030'の層を形成
した。

- すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ
後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する
25 部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導
体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させる
ことにより樹脂充填材3030'の層を形成した（図32（c）参照）。

- (4) 上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三
共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路3024の表面や

スルーホール3029のランド表面に樹脂充填材3030'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃
5 で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層3030を形成した。

このようにして、スルーホール3029や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材層3030の表層部および導体回路3024の表面を平坦化し、樹脂充填材層3030と導体回路3024の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、
10 スルーホール3029の内壁面と樹脂充填材3030とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図32（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層3030の表面と導体回路3024の表面とが同一平面となる。

（5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路3024の表面とスルーホール3029のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路302
15 4の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅（II）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

（6）次に、上記（a）で作製した層間絶縁層用樹脂フィルムを、温度50～150℃まで昇温しながら、0.5MPaで真空圧着ラミネートして張り付け、
20 樹脂フィルム層3022αを形成した（図32（e）参照）。

（7）次に、層間絶縁層3022α上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層3022αに、直径80μmのバイアホール用開口3026を形成した（図33（a）参照）。
25

（8）バイアホール用開口3026を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間絶縁層3022の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口3026の内壁面を含む層間絶縁層の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

(9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シプレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗面化処理（粗化深さ $3\ \mu\text{m}$ ）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 3022 の表面（バイアホール用開口 3026 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。すなわち、上記基板を塩化パラジウム（ PdCl_2 ）と塩化第一スズ（ SnCl_2 ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

(10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層 3022 の表面（バイアホール用開口 3026 の内壁面を含む）に厚さ $0.6 \sim 3.0\ \mu\text{m}$ の無電解銅めっき膜 3032 を形成した（図 33（b）参照）。

〔無電解めっき液〕

NiSO_4 0.003 mol/l

酒石酸 0.200 mol/l

硫酸銅 0.030 mol/l

15 HCHO 0.050 mol/l

NaOH 0.100 mol/l

α 、 α' - ビピリジル 100 mg/l

ポリエチレングリコール（PEG） 0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

20 30°C の液温度で 40 分

(11) 次に、無電解銅めっき膜 3032 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、めっきレジスト 3023 を設けた（図 33（c）参照）。

25 (12) ついで、基板を 50°C の水で洗浄して脱脂し、 25°C の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト 3023 非形成部に、電解銅めっき膜 3033 を形成した（図 33（d）参照）。

〔電解めっき液〕

硫酸 2.24 mol/l

246

硫酸銅 0.26 mol/l

添加剤 19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カパラシドGL)

〔電解めっき条件〕

5 電流密度 1 A/dm²

時間 65 分

温度 22±2 °C

(13) さらに、めっきレジスト3023を5%KOHで剥離除去した後、めっきレジスト3023下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜3032と電解銅めっき膜3033とからなる導体回路3025（バイアホール3027を含む）を形成した（図34（a）参照）。

(14) さらに、導体回路3025等を形成した基板をエッチング液に浸漬し、導体回路3025（バイアホール3027を含む）の表面に粗化面（図示せず）を形成した。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。

(15) 次に、次に、実施例1の（19）の工程と同様にして、ソルダーレジスト組成物を調整した。

(16) 次に、導体回路3025等を形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層3034αを形成した（図34（b）参照）。次いで、開口部のパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト組成物の層3034αに密着させて1000mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG 溶液で現像処理し、開口3031を形成した。

25 そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行って、ソルダーレジスト組成物の層3034αを硬化させ、開口3031を有するソルダーレジスト層3034の形成した（図34（c）参照）。

(17) 次に、ソルダーレジスト層3034を形成した基板を、塩化ニッケル

($2.3 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、次亜リン酸ナトリウム ($2.8 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、クエン酸ナトリウム ($1.6 \times 10^{-1} \text{mol/l}$) を含む $\text{pH} = 4.5$ の無電解ニッケルめっき液に 20 分間浸漬して、開口 3031 の一部にニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム ($7.6 \times 10^{-3} \text{mol/l}$)、塩化アンモニウム ($1.9 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、クエン酸ナトリウム ($1.2 \times 10^{-1} \text{mol/l}$)、次亜リン酸ナトリウム ($1.7 \times 10^{-1} \text{mol/l}$) を含む無電解金めっき液に 80°C の条件で 7.5 分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ $0.03 \mu\text{m}$ の金めっき層を形成し、パッケージ基板とした (図 34 (d) 参照)。なお、図中では、ニッケルめっき層および金めっき層の 2 層を合わせて金属層 3036 と示す。

A-2. 光学素子挿入用基板の作製

(1) 厚さ 0.8mm のガラスエポキシ基板または BT (ビスマレイミドトリアジン) 樹脂からなる絶縁性基板 1 の両面に $18 \mu\text{m}$ の銅箔 3008 がラミネートされている両面銅張積層板を出発材料とした (図 35 (a) 参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施すことにより、その表面 (貫通孔の壁面を含む) に導体層 3012 を形成した (図 35 (b) 参照)。

(2) 次に、導体層 3012 を形成した基板 3001 を水洗いし、乾燥した後、 NaOH (10g/l)、 NaClO_2 (40g/l)、 Na_3PO_4 (6g/l) を含む水溶液を黒化浴 (酸化浴) とする黒化处理、および、 NaOH (10g/l)、 NaBH_4 (6g/l) を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、導体層 3012 の表面に粗化面 (図示せず) を形成した。

(3) 次に、上記 A-1 の (b) に記載した樹脂充填材を調整した後、下記の方法により調整後 24 時間以内に、その壁面に導体層 3012 を形成した貫通孔内に樹脂充填材 3010' の層を形成した。

すなわち、スキージを用いて貫通孔内に樹脂充填材を押し込んだ後、 100°C 、20 分の条件で乾燥させた (図 35 (c) 参照)。

(4) 上記 (3) の処理を終えた基板の片面を、#600 のベルト研磨紙 (三共理化学社製) を用いたベルトサンダー研磨により、樹脂充填材 3010' の層の露出面および導体層 3012 の表面が平坦になるように研磨し、次いで、上記

ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、 100°C で1時間、 120°C で3時間、 150°C で1時間、 180°C で7時間の加熱処理を行って、樹脂充填材層3010を形成した(図35(d)

5 参照)。

(5) 次に、導体層3012を形成した基板の片面に、無電解めっき処理を施すことにより導体層3014を形成した(図35(e)参照)。

10 なお、導体層3014を形成する面には、予め、パラジウム触媒を付与しておき、導体層3014を形成しない側の面には、めっきレジストを形成しておくことにより、基板の片面に導体層3014を形成した。

15 (6) 導体層3012や導体層3014を形成した基板の導体回路(スルーホールのランド部分を含む)形成部に相当する部分にエッチングレジスト(図示せず)を形成した後、エッチング処理を施すことにより、その内部に樹脂充填材層3010が形成され、かつ、その上部に蓋めっき層3016が形成されたスルーホール3006と、導体回路(図示せず)とを形成した(図35(f)参照)。

なお、エッチングレジストの形成は、市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{ mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより行った。

また、エッチング処理は、硫酸と過酸化水素水との混合液を用いて行った。

20 (7) 次に、基板の片面の導体回路非形成部にエポキシ樹脂系接着剤を塗布することにより接着剤層(図示せず)を形成した。

(8) さらに、基板の中央部にルータ加工により貫通孔3009を形成し、光学素子挿入用基板とした(図35(g)参照)。

A-3. ICチップ実装用基板の作製

25 (1) マスラミネート方式による積層プレスを行い、上記A-1で作製したパッケージ基板と、上記A-2で作製した光学素子挿入用基板とを上記光学素子挿入用基板に形成した接着剤層を介して貼り合わせた基板を得た(図36(a)参照)。すなわち、両者の位置合わせを行った後、 150°C まで昇温し、さらに5 MPaの圧力でプレスすることによりパッケージ基板と光学素子挿入用基板とを

貼り合わせた。

(2) 次に、光学素子挿入用基板に形成した貫通孔 3009 より露出したパッケージ基板の表面に、受光素子 3038 および発光素子 3039 を、受光部 3038a および発光部 3039a がそれぞれ上方に露出するように銀ペーストを用いて取り付けた。

なお、受光素子 3038 としては、InGaAs からなるものを用い、発光素子 3039 としては、InGaAsP からなるものを用いた。

(3) 次に、受光素子 3038 および発光素子 3039 の電気接続用パッドと貫通孔 3009 より露出したパッケージ基板の表面の金属層 3036 とをワイヤボンディングにより接続した (図 36 (b) 参照)。ここで、ワイヤ 3040 としては、Au 製のワイヤを用いた。

(4) 次に、光学素子挿入用基板に形成した貫通孔 3009 内に、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を印刷により充填し、その後、この樹脂組成物を乾燥させた。

さらに、樹脂組成物の露出面にバフ研磨と鏡面研磨とを施した。その後、加熱処理を行い、光路用樹脂充填層 3041 とした (図 36 (c) 参照)。

なお、光路用樹脂充填層 3041 は、その屈折率が 1.60 であり、その透過率が 85% である。

(5) 次に、上記パッケージ基板の作製の (15) の工程で調整した solder レジスト組成物と同様の樹脂組成物を調整し、これを基板の光学素子挿入用基板側に塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、solder レジスト組成物の層 3054α を形成した (図 37 (a) 参照)。なお、ここで、光路用樹脂充填層 3041 の表面には solder レジスト組成物を塗布しなかった。

次いで、開口部のパターンが描画された厚さ 5mm のフォトマスクを solder レジスト組成物の層 3054α に密着させて 1000 mJ/cm² の紫外線で露光し、DMTG 溶液で現像処理し、開口 3051 を形成した。

そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行って solder レジスト組成物の層 3054α を硬化させ、開口 3051 を有する solder レジスト層 3054 を形

成した（図 3 7（b）参照）。従って、この工程を終えた際には、光学素子挿入用基板側にはソルダーレジスト層 3 0 5 4 が、パッケージ基板側にはソルダーレジスト層 3 0 3 4 がそれぞれ形成されていることとなる。

（6）次に、ソルダーレジスト層 3 0 5 4 を形成した基板を、塩化ニッケル（ $2.3 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $2.8 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.6 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ ）を含む $\text{pH}=4$ の無電解ニッケルめっき液に 20 分間浸漬して、開口 5 1 の一部に厚さ $5 \mu\text{m}$ のニッケルめっき層 3 0 5 5 を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（ $7.6 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ ）、塩化アンモニウム（ $1.9 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.2 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $1.7 \times 10^{-1} \text{mol/l}$ ）を含む無電解金めっき液に 80°C の条件で 7.5 分間浸漬して、ニッケルめっき層 3 0 5 5 上に、厚さ $0.03 \mu\text{m}$ の金めっき層 3 0 5 6 を形成した。

（7）次に、ソルダーレジスト層 3 0 5 4 に形成した開口 3 0 5 1、および、ソルダーレジスト層 3 0 3 4 の有する開口 3 0 3 1 に半田ペースト（ $\text{Sn/Ag}=96.5/3.5$ ）を印刷し、 250°C でリフローすることにより IC チップ実装用半田バンプ 3 0 5 7 と多層プリント配線板接続用半田バンプ 3 0 5 8 とを形成し、IC チップ実装用基板を得た（図 3 7（c）参照）。

B. 多層プリント配線板の作製

（a）層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1 の（a）で用いた方法と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

（b）樹脂充填材（樹脂組成物）の調製

A-1 の（b）で用いた方法と同様の方法を用いて樹脂充填材を調製した。

（c）多層プリント配線板の製造

（1）厚さ 0.6mm のガラスエポキシ樹脂または BT 樹脂からなる絶縁性基板 3 1 0 1 の両面に $18 \mu\text{m}$ の銅箔 3 0 0 8 がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図 3 8（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板 3 1 0

1の両面に導体回路3104とスルーホール3109とを形成した(図38(b)参照)。

(2) スルーホール3109と導体回路3104とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチング液(メック社製、メックエッチボンド)をスプレーで吹き付け、スルーホール3109を含む導体回路3104の表面に粗化面(図示せず)を形成した。

(3) 上記(b)に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール3109内および基板3101上の導体回路非形成部と導体回路3104の外縁部とに樹脂充填材3110'の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材3110'の層を形成した(図38(c)参照)。

(4) 上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路3104の表面やスルーホール3109のランド表面に樹脂充填材3110'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層3110を形成した。

このようにして、スルーホール3109や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材3110の表層部および導体回路3104の表面を平坦化し、樹脂充填材3110と導体回路3104の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール3109の内壁面と樹脂充填材3110とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図38(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層3110の表面と導体回路3104の表面とが同一平面となる。

(5) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路3104の表面とスル

一ホール3109のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路3104の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。

- (6) 次に、上記(a)で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層3102を形成した（図38(e)参照）。すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

- (7) 次に、層間絶縁層3102上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層3102に、直径80μmのバイアホール用開口3106を形成した（図39(a)参照）。

- (8) バイアホール用開口3106を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間絶縁層3102の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口3106の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

- (9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シプレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

- さらに、粗化面処理（粗化深さ3μm）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層3102の表面（バイアホール用開口3106の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。すなわち、上記基板を塩化パラジウム（PdCl₂）と塩化第一スズ（SnCl₂）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

(10) 次に、基板を無電解銅めっき水溶液中に浸漬し、層間絶縁層3102の表面（バイアホール用開口3106の内壁面を含む）に厚さ0.6~3.0μmの無電解銅めっき膜3112を形成した（図39(b)参照）。

なお、使用した無電解めっき水溶液、および、無電解めっき条件は、パッケージ基板の作製の（１０）の工程と同様である。

（１１）無電解めっき膜３１１２を形成した基板を水洗し、その後、電解めっきを施し、無電解めっき膜３１１２上全体に、電解銅めっき膜３１１３を形成した（図３９（ｃ）参照）。

なお、使用した電解めっき水溶液、および、電解めっき条件は、パッケージ基板の作製の（１２）の工程と同様である。

（１２）次に、電解銅めっき膜３１１３が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 100 mJ/cm^2 で露光し、
１０ ８％炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、エッチングレジスト３１０３を形成した（図３９（ｄ）参照）。

（１３）次に、エッチングレジスト非形成部下の電解銅めっき膜と無電解めっき膜とを、硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、その後、エッチングレジストを５％ NaOH 溶液で剥離除去することにより無電解銅
１５ めっき膜３１１２と電解銅めっき膜３１１３とからなる導体回路３１０５（バイアホール３１０７を含む）を形成した（図４０（ａ）参照）。

さらに、エッチング液（メックエッチボンド）を用い、導体回路３１０５（バイアホール３１０７を含む）表面に粗化面（図示せず）を形成した。

（１４）次に、層間絶縁層３１０２表面の所定の位置に、以下の方法を用いて
２０ 光路変換ミラー３１１９（３１１９ａ、３１１９ｂ）を有する光導波路３１１８（３１１８ａ、３１１８ｂ）を形成した（図４０（ｂ）参照）。

すなわち、予め、その一端に先端がＶ形 90° のダイヤモンドソーを用いて
５° 光路変換ミラー３１１９を形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路（幅 $25\text{ }\mu\text{m}$ 、厚さ $25\text{ }\mu\text{m}$ ）を、光路変換ミラー非形成側の他端の側面
２５ と層間絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。

なお、光導波路の張り付けは、該光導波路の層間絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ に塗布しておき、圧着後、 60°C で１時間硬化させることにより行った。

なお、本実施例では、 $60^\circ\text{C}/1$ 時間の条件で硬化を行ったが、場合によって

はステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

(15) 次に、パッケージ基板の作製の(15)の工程と同様にしてソルダーレジスト組成物を調製し、さらに、基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を35 μ mの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層3114'を形成した(図40(c)参照)。

(16) 次いで、基板の片面に、半田バンプ形成用開口(パッケージ基板と接続するための開口)と光路用開口とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理を施すことにより開口を形成した。

そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口(図示せず)と光路用開口3111とを有し、その厚さが20 μ mのソルダーレジスト層3114を形成した。

(17) 次に、光路用開口3111内に、ICチップ実装用基板の作製の(4)の工程で充填したエポキシ樹脂を含む樹脂組成物と同様の樹脂組成物を充填し、その後、加熱処理を施すことにより光路用開口3111内に、光路用樹脂層3108を形成した。なお、光路用樹脂層3108は、その屈折率が1.60であり、その透過率が85%/mmである。

次に、ICチップ実装用基板の作製の(6)の工程と同様にして、ニッケルめっき層と金めっき層とを形成し、半田パッド(図示せず)とした。

(18) 次に、ソルダーレジスト層3114に形成した半田バンプ形成用開口に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田バンプ形成用開口に半田バンプ(図示せず)を形成し、多層プリント配線板とした(図40(d)参照)。

C. IC実装光通信用デバイスの製造

まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。

次に、この IC チップ実装基板と上記 B の工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田バンプ同士を接続して半田接続部を形成した。

- 次に、半田接続部を介して接続した多層プリント配線板と IC チップ実装用基板との間に、封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成し、光通信用デバイスとした（図 29 参照）。

なお、封止用樹脂組成物としては、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を用いた。

また、形成した封止樹脂層は、透過率が 85%/mm であり、屈折率が 1.60 であった。

10 (実施例 34)

- 封止樹脂層を形成する際にオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が 88%/mm で屈折率が 1.58 の封止樹脂層を形成し、IC チップ実装用基板の光路用樹脂充填層と多層プリント配線板の光路用樹脂層とを形成する際にオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が 80%/mm で屈折率が 1.58 の光路用樹脂充填層を形成した以外は、実施例 33 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

(実施例 35)

- 封止樹脂層を形成する際にアクリル樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が 85%/mm で屈折率が 1.50 の封止樹脂層を形成し、IC チップ実装用基板の光路用樹脂充填層と多層プリント配線板の光路用樹脂層とを形成する際にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が 85%/mm で屈折率が 1.60 の光路用樹脂充填層を形成した以外は、実施例 33 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

(実施例 36)

- 25 封止樹脂層を形成する際にアクリル樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が 85%/mm で屈折率が 1.50 の封止樹脂層を形成し、IC チップ実装用基板の光路用樹脂充填層と多層プリント配線板の光路用樹脂層とを形成する際にオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が 80%/mm で屈折率が 1.58 の光路用樹脂充填層を形成した以外は、実施例 33 と同様にして光通

信用デバイスを製造した。

(実施例 3 7)

実施例 3 3 の I C チップ実装用基板の作製の (4) の工程を行った後、光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する側の面に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例 3 3 と同様にして光通信用デバイスを製造した (図 3 0 参照)。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が 9 2 % / mm で、その屈折率が 1 . 6 2 である。

(実施例 3 8)

実施例 3 4 において、実施例 3 3 の I C チップ実装用基板の作製の (4) の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂充填層を形成した後、該光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する側の面に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例 3 4 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が 9 2 % / mm で、その屈折率が 1 . 6 2 である。

(実施例 3 9)

実施例 3 5 において、実施例 3 3 の I C チップ実装用基板の作製の (4) の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂充填層を形成した後、該光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する側の面に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例 3 5 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が 8 5 % / mm で、その屈折率が 1 . 6 0 である。

(実施例 4 0)

実施例 3 6 において、実施例 3 3 の I C チップ実装用基板の作製の (4) の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂充填層を形成した後、該光路用樹脂充填層の封止樹脂層と対向する側の面に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例 3 6 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- 5 すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が 92%/mm で、その屈折率が 1.62 である。

(実施例 4 1)

10 A. I C チップ実装用基板の作製

A-1. パッケージ基板の作製

(a) 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製および樹脂充填材 (樹脂組成物) の調製

実施例 3 3 の A-1 の (a) および (b) と同様にして行った。

15 (b) パッケージ基板の製造

(1) 厚さ 0.8 mm のガラスエポキシ樹脂または B T (ビスマレイミドトリアジン) 樹脂からなる絶縁性基板 3021 の両面に 18 μ m の銅箔 3028 がラミネートされている両面銅張積層板を出発材料とした (図 4 1 (a) 参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエ

20 ッチングすることにより、基板の両面に下層導体回路 3024 とスルーホール 3029 とを形成した (図 4 1 (b) 参照)。

(2) 下層導体回路 3024 を形成した基板 3021 を水洗いし、乾燥した後、NaOH (10 g/l)、NaClO₂ (40 g/l)、Na₃PO₄ (6 g/l) を含む水溶液を黒化浴 (酸化浴) とする黒化処理、および、NaOH (10 g

25 /l)、NaBH₄ (6 g/l) を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、下層導体回路 3024 の表面に粗化面 (図示せず) を形成した。

(3) 次に、上記 (a) に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後 24 時間以内に、スルーホール 3029 内および基板 3021 上の導体回路非形成部と下層導体回路 3024 の外縁部とに樹脂充填材 3030' の層を

形成した。

即ち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、
100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分
が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回
5 路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させること
により樹脂充填材3030'の層を形成した(図41(c)参照)。

(4) 上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙(三
共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路3024の表面や
スルーホール3029のランド表面に樹脂充填材3030'が残らないように研
10 磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行
った。このような一連の処理を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃
で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層3030を形成した。

このようにして、スルーホール3029や導体回路非形成部に形成された樹脂
15 充填材層3030の表層部および導体回路3024の表面を平坦化し、樹脂充填
材層3030と導体回路3024の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、
スルーホール3029の内壁面と樹脂充填材層3030とが粗化面を介して強固
に密着した絶縁性基板を得た(図41(d)参照)。この工程により、樹脂充填
材層3030の表面と導体回路3024の表面とが同一平面となる。

20 (5) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッ
チング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路3024の表面とスル
ーホール3029のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路302
4の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。なお、エッチング液としては、メ
ック社製、メックエッチボンドを使用した。

25 (6) 次に、上記(a)で作製した層間絶縁層用樹脂フィルムを、温度50～
150℃まで昇温しながら、0.5MPaで真空圧着ラミネートして貼り付け、
樹脂フィルム層3022αを形成した(図41(e)参照)。

(7) 次に、樹脂フィルム層3022α上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成
されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.

0 mm、トップハットモード、パルス幅 8.0 μ 秒、マスクの貫通孔の径 1.0 mm、1 ショットの条件で樹脂フィルム層 3022 α に、直径 80 μ m のバイアホール用開口 3026 を形成した（図 42（a）参照）。

（8）バイアホール用開口 3026 を形成した基板を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃ の溶液に 10 分間浸漬し、層間絶縁層 3022 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 3026 の内壁面を含む層間絶縁層 3022 の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

（9）次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シプレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

10 さらに、粗面化処理（粗化深さ 3 μ m）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 3022 の表面（バイアホール用開口 3026 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。即ち、上記基板を塩化パラジウム（ PdCl_2 ）と塩化第一スズ（ SnCl_2 ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

15 （10）次に、実施例 33 のパッケージ基板の作製の（10）の工程で用いた無電解めっき液と同様の組成の無電解銅めっき液中に基板を浸漬し、同様の条件で処理することにより層間絶縁層 3022 の表面（バイアホール用開口 3026 の内壁面を含む）に厚さ 0.6 ~ 3.0 μ m の無電解銅めっき膜（薄膜導体層）3032 を形成した（図 42（b）参照）。

20 （11）次に、無電解銅めっき膜 3032 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm² で露光し、0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、めっきレジスト 3023 を設けた（図 42（c）参照）。

（12）ついで、基板を 50℃ の水で洗浄して脱脂し、25℃ の水で水洗後、
25 さらに硫酸で洗浄してから、実施例 33 のパッケージ基板の作製の（12）の工程で用いた電解めっき液と同様の組成の電解銅めっき液中に基板を浸漬し、同様の条件で処理することにより、めっきレジスト 3023 非形成部に、電解銅めっき膜 3033 を形成した（図 42（d）参照）。

（13）さらに、めっきレジスト 3023 を 5% KOH で剥離除去した後、そ

のめっきレジスト 3023 下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、導体回路 3025（バイアホール 3027 を含む）とした（図 43（a）参照）。

- （14）次に、導体回路 3025 等を形成した基板をエッチング液に浸漬し、
5 導体回路 3025（バイアホール 3027 を含む）の表面に粗化面（図示せず）を形成した。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。

（15）次に、実施例 33 のパッケージ基板の作製の（15）の工程と同様に
して solder レジスト組成物を調製した。

- 10 （16）次に、導体回路 3025 等を形成した基板の両面に、上記 solder レジスト組成物を塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、solder レジスト組成物の層 3034 α を形成した（図 43（b）参照）。
次いで、開口部のパターンが描画された厚さ 5 mm のフォトマスクを solder レジスト組成物の層 3034 α に密着させて 1000 mJ/cm² の紫外線で露光
15 し、DMTG 溶液で現像処理し、開口 3031 を形成した。

そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行って solder レジスト組成物の層 3034 α を硬化させ、開口 3031 を有する solder レジスト層 3034 を形成した（図 43（c）参照）。

- 20 （17）次に、solder レジスト層 3034 を形成した基板を、塩化ニッケル（2.3×10⁻¹ mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（2.8×10⁻¹ mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.6×10⁻¹ mol/l）を含む pH=4.5 の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、開口 3031 の一部にニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（7.6×10⁻³ mol/l）、塩化アンモニウム（1.9×10⁻¹ mol/l）、クエン酸
25 ナトリウム（1.2×10⁻¹ mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（1.7×10⁻¹ mol/l）を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に金めっき層を形成し、パッケージ基板とした（図 43（d）参照）。なお、図中では、ニッケルめっき層および金めっき層の2層を

合わせて金属層 3036 と示す。

B. 光学素子挿入用基板の作製

(1) 厚さ 0.8 mm のガラスエポキシ樹脂または BT (ビスマレイミドトリ
アジン) 樹脂からなる絶縁性基板 3001 の片面に 18 μ m の銅箔 3008 がラ
ミネートされている片面銅張積層板を出発材料とした (図 44 (a) 参照)。ま
5 ず、この片面銅張積層板の銅箔 3008 をパターン状にエッチングすることによ
り、基板の片面に導体回路 3004 を形成した (図 44 (b) 参照)。

(2) 次に、基板の導体回路 3004 を形成した側に導体回路非形成部にエポ
キシ樹脂系接着剤を塗布することにより接着剤層 (図示せず) を形成した。

10 (3) さらに、基板の中央部にルータ加工により貫通孔 3009 を形成し、光
学素子挿入用基板とした (図 44 (c) 参照)。

C. IC チップ実装用基板の作製

(1) マスラミネート方式による積層プレスを行い、上記 A で作製したパッケ
ージ基板と、上記 B で作製した光学素子挿入用基板とを上記光学素子挿入用基板
15 に形成した接着剤層を介して貼り合わせた基板を得た (図 45 (a) 参照)。す
なわち、両者の位置合わせを行った後、150℃まで昇温し、さらに 5 MPa の
圧力でプレスすることにより光学素子挿入用基板とパッケージ基板とを貼り合わ
せた。

(2) 次に、光学素子挿入用基板に形成した貫通孔 3009 より露出したパッ
20 ケージ基板の表面に、受光素子 3038 および発光素子 3039 を、受光部 30
38a および発光部 3039a がそれぞれ上方に露出するように銀ペーストを用
いて取り付けた。

なお、受光素子 3038 としては、InGaAs からなるものを用い、発光素
子 3039 としては、InGaAsP からなるものを用いた。また、受光素子 3
25 038 および発光素子 3039 としては、電気接続用パッドが、受光部 3038
a および発光部 3039a よりパッケージ基板側に設けられているものを用いた。

(3) 次に、受光素子 3038 および発光素子 3039 の電気接続用パッドと
貫通孔 3009 より露出したパッケージ基板の表面の金属層 3036 とをワイヤ
ボンディングにより接続した (図 45 (b) 参照)。ここで、ワイヤ 3040 と

しては、Au製のワイヤを用いた。

(4) 次に、光学素子挿入用基板に形成した貫通孔3009内に、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を印刷により充填し、その後、この樹脂組成物を乾燥させた。

さらに、樹脂組成物の露出面にバフ研磨と鏡面研磨とを施した。その後、加熱
5 処理を行い、光路用樹脂充填層3041とした(図45(c)参照)。

なお、光路用樹脂充填層3041は、その屈折率が1.60であり、その透過率が85%/mmである。

(5) 次に、ドリル加工により、光学素子挿入用基板とパッケージ基板とを貫通する直径400 μ mの貫通孔3046を形成した(図46(a)参照)。さら
10 に、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬することにより、貫通孔3046の壁面にデスミア処理を施した。

(6) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液(シプレイ社製)に浸漬してから水洗いした。

さらに、貫通孔3046の壁面を含む光学素子挿入用基板およびパッケージ基
15 板の露出面にパラジウム触媒を付与することにより、貫通孔3046の壁面等に触媒核を付着させた(図示せず)。

(7) 次に、無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、貫通孔3046の壁面を含む光学素子挿入用基板およびパッケージ基板の露出面に厚さ0.6~3.0 μ mの無電解銅めっき膜(薄膜導体層)3052を形成した(図46(b)参
20 照)。

なお、無電解めっき液としては、パッケージ基板を作製する際の(10)の工程で用いた無電解めっき液と同様のものを用い、同様の条件で処理した。

(8) 次に、無電解銅めっき膜3052が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100mJ/cm²で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、めっきレジスト3043
25 を設けた(図46(c)参照)。

(9) ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから電解めっきを施し、めっきレジスト3043非形成部に、電解銅めっき膜3053を形成した(図47(a)参照)。

なお、電解めっき液としては、パッケージ基板を作製する際の（１２）の工程で用いた電解めっき液と同様のものを用い、同様の条件で処理した。

- （１０）さらに、めっきレジスト３０４３を５％ＫＯＨで剥離除去した後、そのめっきレジスト３０４３下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液で
5 エッチング処理して溶解除去し、光学素子挿入用基板とパッケージ基板とを貫通するスルーホール３０４９とした（図４７（ｂ）参照）。

（１１）次に、スルーホール３０４９を形成した基板をエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）に浸漬し、スルーホール３０４９壁面（ランド部分の表面を含む）に粗化面（図示せず）を形成した。

- 10 次に、上記パッケージ基板の作製の（ａ）に記載した樹脂充填材と同様の樹脂組成物を調製した後、下記の方法により調製後２４時間以内に、スルーホール３０４９内に樹脂充填材の層を形成した。

即ち、スキージを用いてスルーホール３０４９内に樹脂充填材を押し込んだ後、１００℃、２０分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材の層を形成した。

- 15 さらに、＃６００のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、スルーホール３０４９のランド表面に樹脂充填材が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。さらに、１００℃で１時間、１２０℃で３時間、１５０℃で１時間、１８０℃で７時間の加熱処理を行って、そのスルーホールからの露出面が平坦な樹脂
20 充填材層３０５０を形成した（図４７（ｃ）参照）。

- （１２）次に、上記パッケージ基板の作製の（１５）の工程で調製した solder レジスト組成物と同様の樹脂組成物を調製し、これを基板の両面に塗布し、７０℃で２０分間、７０℃で３０分間の条件で乾燥処理を行い、solder レジスト組成物の層３０５４αを形成した（図４８（ａ）参照）。なお、ここで、樹脂充填
25 層３０４１の表面にはsolder レジスト組成物を塗布しなかった。

次いで、開口部のパターンが描画された厚さ５mmのフォトマスクをsolder レジスト組成物の層３０５４αに密着させて１０００mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、開口３０５１を形成した。

そして、さらに、８０℃で１時間、１００℃で１時間、１２０℃で１時間、１

50℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト組成物の層3054αを硬化させ、開口3051を有するソルダーレジスト層3054を形成した(図48(b)参照)。

(13) 次に、ソルダーレジスト層3054を形成した基板を、塩化ニッケル(2.3×10⁻¹mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8×10⁻¹mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6×10⁻¹mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、開口3051の一部に厚さ5μmのニッケルめっき層3055を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム(7.6×10⁻³mol/l)、塩化アンモニウム(1.9×10⁻¹mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.2×10⁻¹mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(1.7×10⁻¹mol/l)を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03μmの金めっき層56を形成した。

(14) 次に、ソルダーレジスト層3054に形成した開口3051に半田ペースト(Sn/Ag=96.5/3.5)を印刷し、250℃でリフローすることによりICチップ実装用半田バンプ3057と多層プリント配線板接続用半田バンプ3058とを形成し、ICチップ実装用基板を得た(図48(c)参照)。

B. 多層プリント配線板の作製

実施例33のBと同様にして、多層プリント配線板を製造した。

20 C. ICチップ実装光通信用デバイスの製造

まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。

次に、このICチップ実装用基板と上記Bの工程で製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田バンプ同士を接続して半田接続部を形成した。

次に、半田接続部を介して接続した多層プリント配線板とICチップ実装用基板との間に、封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成し、光通信用デバイスとした。なお、封止用樹脂組成物としては、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を用いた。また、形成した封止樹脂層は、透過率

が 85 % / mm であり、屈折率が 1.60 であった。

(実施例 42)

光路用樹脂充填層を内層光路用樹脂充填層と外層光路用樹脂充填層とからなる 2 層構造とした以外は、実施例 41 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- 5 具体的には、ICチップ実装用基板の作製の(4)の工程において、下記の方法を用いた以外は実施例 41 と同様にして光通信用デバイスを製造した(図 31 参照)。

- すなわち、光学素子挿入用基板に形成した貫通孔内に、エポキシ樹脂とシリカ粒子(平均粒径: 0.5 μm)と硬化剤とを含む樹脂組成物を光学素子(受光素子および発光素子)と同じ高さまで印刷により充填し、その後、この樹脂組成物を加熱硬化させることにより内層光路用樹脂充填層を形成した。
- 10

- 次いで、貫通孔内の内層光路用樹脂充填層上にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を印刷により充填した後、この樹脂組成物を乾燥させ、さらに、樹脂組成物の露出面にバフ研磨と鏡面研磨とを施した。その後、硬化処理を行い外層光路用樹脂充填層を形成した。
- 15

なお、外層光路用樹脂充填層は、その屈折率が 1.60 であり、その透過率が 85 % / mm である。

- このようにして得られた実施例 33 ~ 42 の IC 実装光通信用デバイスについて、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の側面からの露出面に光ファイバを取り付け、発光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の側面からの露出面に検出器を取り付けた後、光ファイバを介して光信号を送り、ICチップで演算させた後、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができ、実施例 33 ~ 42 で製造した IC 実装光通信用デバイスが、光通信用デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。
- 20

- また、封止樹脂層の形成、ならびに、光路用樹脂充填層および光路用樹脂層の形成を行わなかった以外は、実施例 33 ~ 42 と同様の方法を用いて製造した光通信用デバイスと比べても、ICチップ実装用基板に実装した発光素子と、この発光素子に対向する多層プリント配線板に形成した光導波路との間での導波損失はほとんど低下していなかった。
- 25

さらに、実施例 3 3～4 2 で得られた光通信用デバイスにおいては、光学素子（受光素子および発光素子）ならびに光導波路の設計からの位置ズレはほとんどみられなかった。

（実施例 4 3～4 9）

- 5 実施例 3 3 の A-3 の（2）の工程で、光学素子挿入用基板に形成した貫通孔（平面視した際の面積が $20 \times 20 \text{ mm}$ ）より露出したパッケージ基板の表面に、受光素子および発光素子を取り付け、さらに、（4）の工程で、下記の方法を用いて光路用樹脂充填層を形成した以外は、実施例 3 3 と同様にして光通信用デバイスを得た。
- 10 すなわち、まず、エポキシ系樹脂（透過率 $91\%/\text{mm}$ 、熱膨張係数 82 ppm ）に $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の粒度分布を有する粉砕シリカの含有量が下記表 7 に示す含有量となるように添加した樹脂組成物を調製し、これを注射器により貫通孔内に充填した。ここで、樹脂組成物は、その粘度が 500 cps ($\text{mP} \cdot \text{s}$) となるように調製した。次に、 120°C で 1 時間、および、 150°C で 2 時間の
- 15 条件で樹脂組成物を硬化した。なお、上記樹脂組成物の粘度は、BH 型 No 7 で 10 rpm で測定した。
- さらに、貫通孔内から溢れた樹脂組成物を #3000 研磨紙を用いた研磨により除去し、続いて、 $0.05 \mu\text{m}$ のアルミナ粒子を用いた研磨を行い、表層を平坦化して、光路用樹脂充填層を形成した。
- 20 なお、実施例 4 3 では、シリカ粒子を添加しなかった。

表 7

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率 (%/mm)	熱膨張係数 (ppm)
実施例43	0	91	72
実施例44	5	82	65
実施例45	10	80	59
実施例46	20	84	51
実施例47	40	83	43
実施例48	50	81	36
実施例49	60	80	32

- 10 このようにして得られた実施例43～49に係る光通信用デバイスについて、ワイヤボンディングの状態、および、液相温度サイクル試験後の光路用樹脂充填層におけるクラックの有無を評価した。結果を表8に示した。

なお、ワイヤボンディングの状態の評価は、光路用樹脂充填層を形成した後に、ワイヤの状態を顕微鏡で観察することにより行った。

- 15 また、液相温度サイクル試験は、実施例7と同様の条件で行い、光路用樹脂充填層におけるクラックの発生の有無は、ICチップ実装用基板を光路用樹脂充填層を通るように刃物で切断し、その断面を観察することにより行った。

表8

	ワイヤボンディングの外観	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例43	○	○	○	△
実施例44	○	○	○	△
実施例45	○	○	○	○
実施例46	○	○	○	○
実施例47	○	○	○	○
実施例48	○	○	○	○
実施例49	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

なお、表8においては、実施例43～49の結果とともに、上述した比較例で

製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

ワイヤボンディングの外観の評価基準

○ ワイヤは変形していなかった。

△ ワイヤは変形していたものの、断線はしていなかった。

5 × ワイヤが断線していた。

液相温度サイクル試験の評価基準

○ クラックが、観察されなかった。

△ クラックが若干発生しているものの、光路用樹脂充填層を介して光信号を伝送することができた。

10 × クラックが発生しており、光路用樹脂充填層を介して光信号を伝送することができなかった。

さらに、実施例 44～49 では、光路用樹脂充填層に粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については若干の違いがあったものの、

15 ワイヤボンディングの外観および液相温度サイクルの結果については、同様の結果が得られた。

(実施例 50～58)

実施例 33 の B- (14) の工程において、表 9 に示した含有量の粉碎シリカ粒子（粒度分布、0.1～0.8 μm ）が配合された光導波路を用いた以外は、

20 実施例 33 と同様にして光通信用デバイスを得た。

実施例 50～58 のそれぞれにおいて、光導波路は、実施例 17～25 のそれぞれと同様の方法を用いて形成した。

表 9

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率 (%/mm)	熱膨張係数 (ppm)
実施例50	0	93	70
実施例51	8	84	67
実施例52	10	82	65
実施例53	15	84	60
実施例54	25	81	53
実施例55	50	82	41
実施例56	60	79	32
実施例57	70	75	28
実施例58	80	77	25

このようにして得られた実施例50～58に係る光通信用デバイスについて、液相温度サイクル試験後の光導波路におけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表10に示した。

なお、上記評価は、実施例17と同様の評価方法および評価基準により行った。

表10

	液相温度サイクル		
	250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例50	○	○	△
実施例51	○	○	△
実施例52	○	○	△
実施例53	○	○	○
実施例54	○	○	○
実施例55	○	○	○
実施例56	○	○	○
実施例57	○	○	○
実施例58	○	○	○
比較例	○	△	×

なお、表10においては、実施例50～58の結果とともに、上述した比較例

で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例 5 1～5 8 では、光導波路を構成するクラッドに粉砕シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがある

5 もものの、液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

また、実施例 5 0～5 8 で形成した光導波路は、マルチモード用光導波路であるが、このマルチモード用光導波路に代えて、シングルモード用光導波路を用いて実施例 5 0～5 8 と同様にして光通信用デバイスを製造した場合にも所定の光信号を伝送することができた。

10 なお、シングルモード用光導波路の作製は、コア形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率、1.50、透過率93%/mm、熱膨張係数115ppm）、クラッド形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率1.48、透過率93%/mm、熱膨張係数141ppm）を用意し、さらに、クラッド形成用樹脂には、必要に応じて、所定の配合量となるように粒子を添加し、これらを用いて、実施
15 例 1 7 と同様の方法により、コアの断面のサイズが $10 \times 10 \mu\text{m}$ 、上部クラッドおよび下部クラッドの膜厚が $10 \mu\text{m}$ のシングルモード用光導波路を作製した。

また、このような方法で作製した光導波路について、クラッドに粒子が配合されていないシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.43 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が0.

20 84 dB/cm であり、クラッドに50重量%の粒子が配合されたシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.41 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.82 dB/cm であった。なお、上記伝送損失は、カットバック法により測定した。

また、粒子が配合されていないクラッドの熱膨張係数は 141 ppm 、50重量%となるように粒子が配合されたクラッドの熱膨張係数は 48 ppm であり、
25 上記シングルモード用光導波路を用いた光通信用デバイスについて、液相温度サイクル試験により光導波路の評価を行ったところ、実施例 5 0～5 8 と同様の結果が得られた。

（実施例 5 9～6 5）

実施例 3 3 の C の工程において、下記の方法で封止樹脂層を形成した以外は、実施例 3 3 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを半田バンプを介して接続した後、エポキシ系樹脂（透過率 9 0 % / m m 、熱膨張係数 6 7 p p m ）

- 5 に、下記表 1 1 に示した配合量となるように 0 . 1 ~ 0 . 8 μ m の粒度分布を有する粉砕シリカ粒子を添加し、粘度 5 0 0 0 c p s (m P \cdot s) に調整した樹脂組成物を、ディスペンサーを用いて、I C チップ実装用基板の周囲に塗布し、その後、放置することにより、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に樹脂組成物を浸透させた。次に、1 2 0 $^{\circ}$ C で 1 時間、および、1 5 0 $^{\circ}$ C で 2 時間
- 10 間の処理を行い、樹脂組成物を硬化させ、封止樹脂層 を形成した。なお、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との隙間は、3 0 0 μ m である。

また、実施例 5 9 では、粉砕シリカ粒子を添加しなかった。

表 1 1

15

20

	粉砕シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
実施例59	0	90	67
実施例60	10	82	56
実施例61	20	82	46
実施例62	50	81	32
実施例63	60	80	30
実施例64	70	82	27
実施例65	80	80	24

- このようにして得られた実施例 5 9 ~ 6 5 に係る光通信用デバイスについて、封止樹脂層による封止性、および、液相温度サイクル試験後の光導波路における
- 25 クラックの発生の有無を評価した。結果を表 1 2 に示した。

なお、上記封止樹脂層による封止性およびクラックの発生の有無の評価は、実施例 2 6 と同様の評価方法および評価基準により行った。

表 1 2

	封止樹脂層 による封止性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例59	○	○	○	△
実施例60	○	○	○	△
5 実施例61	○	○	○	○
実施例62	○	○	○	○
実施例63	○	○	○	○
実施例64	△	○	○	○
実施例65	△	○	○	○
10 比較例	—	○	△	×

なお、表12においては、実施例59～65の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例60～65では、封止樹脂層に粉砕シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがあるものの、封止樹脂層の封止性および液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

また、実施例59～65と同様の方法を用いて光通信用デバイスを製造する際に、封止樹脂層を形成するための樹脂組成物の粘度を高くし、放置時間を短くすることにより、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域の外周付近にのみ封止樹脂層を形成した。このような構成の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間での信号の伝送が空気層を介して行われることとなるが、この場合も光信号の伝送において不都合は発生しなかった。

(実施例66～70)

実施例37の工程において、マイクロレンズを形成する際に下記の方法でマイクロレンズを形成した以外は、実施例37と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、エポキシ系樹脂（透過率90%/mm、屈折率1.53）に、下記表13に示した配合量となるように、0.1～0.8μmの粒度分布を有する粉

砕シリカ粒子を添加した樹脂組成物をディスペンサーを用いて塗布し、該樹脂組成物が表面張力により略半球形状となった状態で、硬化処理を行うことにより、マイクロレンズを形成した。なお、実施例 66 では、粉碎シリカ粒子を添加しなかった。

5 表 13

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)
実施例66	0	90
実施例67	20	84
実施例68	40	82
実施例69	60	82
実施例70	70	81

10

このようにして得られた実施例 66～70 に係る光通信用デバイスについて、マイクロレンズを形成する際の樹脂組成物の塗布性、および、液相温度サイクル試験後のマイクロレンズにおけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表 14 に示した。

15

なお、マイクロレンズを形成する際の塗布性の評価は、マイクロレンズを形成した後、該マイクロレンズの形状を顕微鏡で観察することにより行った。

また、液相温度サイクル試験は、実施例 7 と同様の条件で行い、マイクロレンズにおけるクラックの発生の有無は、ICチップ実装用基板をマイクロレンズを

20

表 14

	塗布性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例66	○	○	○	○
実施例67	○	○	○	○
実施例68	○	○	○	○
実施例69	○	○	○	○
実施例70	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

なお、表 1 4 においては、実施例 6 6 ～ 7 0 の結果とともに、上述した比較例
 10 で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

マイクロレンズを形成する際の塗布性の評価基準

○ 所望の形状のマイクロレンズとなるよう樹脂組成物を塗布することができた。

△ 塗布した樹脂組成物の形状が若干設計からズレているものの、マイクロレ
 15 ンズとして機能することができるものを形成することができた。

× 塗布した樹脂組成物の形状が半球状とならず、その硬化物はマイクロレ
 ンズとして機能することができなかった。

液相温度サイクル試験の評価基準

○ クラックが、観察されなかった。

△ クラックが若干発生しているものの、マイクロレンズを介して光信号を伝
 20 送することができた。

× クラックが発生しており、マイクロレンズを介して光信号を伝送すること
 ができなかった。

また、実施例 6 7 ～ 7 0 では、マイクロレンズに粉砕シリカ粒子を配合してい
 25 るが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実
 験を行ったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがあるものの、マイ
 クロレンズを形成する際の塗布性および液相温度サイクル試験の結果については
 同様の結果が得られた。

(実施例 7 1)

A. ICチップ実装用基板の作製

A-1. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

実施例1のAの工程と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

5 A-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

実施例1のBの工程と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を調製した。

A-3. ICチップ実装用基板の製造

(1) 厚さ0.8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリ
アジン）樹脂からなる絶縁性基板4021の両面に18 μ mの銅箔4028がラ
10 ミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図51（a）参照）。まず、
この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチ
ングすることにより、基板4021の両面に導体回路4024とスルーホール4
029とを形成した（図51（b）参照）。

(2) スルーホール4029と導体回路4024とを形成した基板を水洗いし、
15 乾燥した後、NaOH（10g/l）、NaClO₂（40g/l）、Na₃PO₄（6g/l）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化处理、および、Na
OH（10g/l）、NaBH₄（6g/l）を含む水溶液を還元浴とする還
元処理を行い、スルーホール4029を含む導体回路4024の表面に粗化面（
図示せず）を形成した。

20 (3) 上記A-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製
後24時間以内に、スルーホール4029内および基板4021上の導体回路非
形成部と導体回路4024の外縁部とに樹脂充填材4030'の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ
後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する
25 部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導
体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させる
ことにより樹脂充填材4030'の層を形成した（図51（c）参照）。

(4) 上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三
共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路4024の表面や

スルーホール4029のランド表面に樹脂充填材4030'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃
5 で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層4030を形成した。

このようにして、スルーホール4029や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材4030の表層部および導体回路4024の表面を平坦化し、樹脂充填材4030と導体回路4024の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール4029の内壁面と樹脂充填材4030とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図51（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層
10 4030の表面と導体回路4024の表面とが同一平面となる。

（5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路4024の表面とスルーホール4029のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路402
15 4の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅（I I）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

（6）次に、上記A-1で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層4022を形成した（図51（e）参照）。

すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

25 （7）次に、層間絶縁層4022上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層4022に、直径80μmのバイアホール用開口4026を形成した（図52（a）参照）。

(8) バイアホール用開口 4026 を形成した基板を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃ の溶液に 10 分間浸漬し、層間絶縁層 4022 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 4026 の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

- 5 (9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗面化処理（粗化深さ 3 μm ）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 4022 の表面（バイアホール用開口 4026 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。すなわち、上記基板を
10 塩化パラジウム（ PdCl_2 ）と塩化第一スズ（ SnCl_2 ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

(10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層 4022 の表面（バイアホール用開口 4026 の内壁面を含む）に厚さ 0.6 ~ 3.0 μm の無電解銅めっき膜 4032 を形成した（図 52 (b) 参照）。

- 15 [無電解めっき水溶液]

NiSO_4	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
硫酸銅	0.030 mol/l
HCHO	0.050 mol/l
20 NaOH	0.100 mol/l
α 、 α' - ビピリジル	100 mg/l
ポリエチレングリコール (PEG)	0.10 g/l

[無電解めっき条件]

30℃ の液温度で 40 分

- 25 (11) 次に、無電解銅めっき膜 4032 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm² で露光し、0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ 20 μm のめっきレジスト 4023 を設けた（図 52 (c) 参照）。

(12) ついで、基板を 50℃ の水で洗浄して脱脂し、25℃ の水で水洗後、

さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト4023非形成部に、厚さ20 μ mの電解銅めっき膜4033を形成した(図52(d)参照)。

〔電解めっき液〕

5	硫酸	2.24 mol/l
	硫酸銅	0.26 mol/l
	添加剤	19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カパラシドGL)

〔電解めっき条件〕

10	電流密度	1 A/dm ²
	時間	65 分
	温度	22 \pm 2 $^{\circ}$ C

(13) さらに、めっきレジスト4023を5%NaOHで剥離除去した後、めっきレジスト4023下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜4032と電解銅めっき膜4033とからなる厚さ18 μ mの導体回路4025(バイアホール4027を含む)を形成した(図53(a)参照)。

(14) さらに、上記(5)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路4025の表面に粗化面(図示せず)を形成し、次いで、
20 上記(6)～(8)の工程と同様にしてバイアホール用開口4026を有し、その表面に粗化面(図示せず)が形成された層間絶縁層4022を積層形成した(図53(b)参照)。

その後、直径300 μ mのドリルを用いて、基板4021および層間絶縁層4022を貫通する光路用貫通孔4046を形成し、さらに、光路用貫通孔4046の壁面にデスミア処理を施した(図53(c)参照)。なお、本実施例では、
25 直径300 μ mのドリルを用いて光路用貫通孔を形成しているが、光路用貫通孔を形成する場合には、通常、直径200～400 μ m程度のドリルを用いればよい。

(15) 次に、上記(9)の工程で用いた方法と同様の方法で、光路用貫通孔

4046の壁面および層間絶縁層4022の表面に触媒を付与し、さらに、上記(10)の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層4022の表面(バイアホール用開口4026の内壁面を含む)、および、光路用貫通孔4046の壁面に薄膜導体層(無電解銅めっき膜)4032を形成した(図54(a)参照)。

(16) 次に、上記(11)の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト4023を設け、さらに、上記(12)の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト4023非形成部に、厚さ20 μ mの電解銅めっき膜4033を形成した(図54(b)参照)。

10 (17) 次に、上記(13)の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト4023の剥離と、めっきレジスト4023下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路4025(バイアホール4027を含む)および導体層4045を形成した。

さらに、上記(2)の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、
15 導体回路4025の表面および導体層4045の表面を粗化面(図示せず)とした(図54(c)参照)。

(18) 次に、スキージを用いて、導体層4045が形成された光路用貫通孔4046内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層4042
20 を形成した(図55(a)参照)。

(19) 次に、次に、実施例1の(19)の工程と同様にして、ソルダーレジスト組成物を調整した。

(20) 次に、層間絶縁層4022と導体回路4025(バイアホール4027を含む)とを形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を30 μ m
25 の厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層4034'を形成した(図55(b)参照)。

(21) 次いで、光路用開口と半田バンプ形成用開口(ICチップ実装用開口および光学素子実装用開口)とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをICチップ実装側のソルダーレジスト組成物の層4034'に密着させて1

000 mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、開口を形成した。

そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、光路用開口4031と半田バンプ形成用開口4035とを有し、その厚さが20 μmのソルダーレジスト層4034を形成した。

また、他方のソルダーレジスト組成物の層には、半田バンプ形成用開口（多層プリント配線板接続用開口）のパターンが描画されたフォトマスクを密着させ、上記した露光現像条件と同様の条件で露光現像処理を施すことにより、多層プリント配線板と接続するための半田バンプ形成用開口4035を形成した（図56（a）参照）。

（22）次に、上記（21）の工程で形成した光路用開口内に、上記（18）の工程で充填したエポキシ樹脂を含む樹脂組成物と同様の樹脂組成物をスキージを用いて充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層4042を形成した。

なお、本工程および上記（18）の工程で形成した光路用樹脂層は、透過率が85%/mmであり、屈折率が1.60である。

（23）次に、ソルダーレジスト層4034を形成した基板を、塩化ニッケル（2.3×10⁻¹ mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（2.8×10⁻¹ mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.6×10⁻¹ mol/l）を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口4035と光学素子用開口4031に厚さ5 μmのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（7.6×10⁻³ mol/l）、塩化アンモニウム（1.9×10⁻¹ mol/l）、クエン酸ナトリウム（1.2×10⁻¹ mol/l）、次亜リン酸ナトリウム（1.7×10⁻¹ mol/l）を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03 μmの金めっき層を形成し、半田パッド4036とした。

（24）次に、ソルダーレジスト層4034に形成した半田バンプ形成用開口4035に半田ペーストを印刷し、さらに、光学素子実装用開口に印刷した半田

ペーストに、受光素子4038および発光素子4039を、それぞれの受光部4038aおよび発光部4039aの位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子4038および発光素子4039を半田を介して実装するとともに、ICチップ実装用開口および多層プリント配線板実装用開口に半田バンプ4037を形成し、ICチップ実装用基板とした(図56(b)参照)。

なお、受光素子4038としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子4039としては、InGaAsPからなるものを用いた。

B. 多層プリント配線板の作製

10 B-1. 層間絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1で用いた方法と同様の方法を用いて層間絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

B-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

A-2で用いた方法と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を作製した。

15 B-3. 多層プリント配線板の製造

(1) 厚さ0.6mmのガラスエポキシ樹脂またはBT樹脂からなる絶縁性基板4001の両面に18μmの銅箔4008がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした(図57(a)参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板4001の両面に導体回路4004とスルーホール4009とを形成した(図57(b)参照)。

(2) スルーホール4009と導体回路4004とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチング液(メック社製、メックエッチボンド)をスプレーで吹き付け、スルーホール4009を含む導体回路4004の表面に粗化面(図示せず)を形成した。

(3) 上記B-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール4009内および基板4001上の導体回路非形成部と導体回路4004の外縁部とに樹脂充填材4010'の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ

後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材4010'の層を形成した(図57(c)参照)。

- 5 (4) 上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路4004の表面やスルーホール4009のランド表面に樹脂充填材4010'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。
- 10 次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層4010を形成した。

- このようにして、スルーホール4009や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材4010の表層部および導体回路4004の表面を平坦化し、樹脂充填材4010と導体回路4004の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、ス
- 15 ルーホール4009の内壁面と樹脂充填材4010とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図57(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層4010の表面と導体回路4004の表面とが同一平面となる。

- (5) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路4004の表面とスルーホール4009のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路4004の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。なお、エッチング液としては、メ
- 20 ック社製、メックエッチボンドを使用した。

- (6) 次に、上記B-1で作製した基板より少し大きめの層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層4002を形成した(図58(a)参照)。
- 25 すなわち、層間絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

(7) 次に、層間絶縁層 4002 上に、厚さ 1.2 mm の貫通孔が形成されたマスクを介して、波長 10.4 μm の CO_2 ガスレーザにて、ビーム径 4.0 mm、トップハットモード、パルス幅 8.0 μs 、マスクの貫通孔の径 1.0 mm、1 ショットの条件で層間絶縁層 4002 に、直径 80 μm のバイアホール用開口 4006 を形成した (図 58 (b) 参照)。

(8) バイアホール用開口 4006 を形成した基板を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃ の溶液に 10 分間浸漬し、層間絶縁層 4002 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 4006 の内壁面を含むその表面に粗化面 (図示せず) を形成した。

10 (9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液 (シプレイ社製) に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗化面処理 (粗化深さ 3 μm) した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 4002 の表面 (バイアホール用開口 4006 の内壁面を含む) に触媒核を付着させた (図示せず)。すなわち、上記基板を塩化パラジウム (PdCl_2) と塩化第一スズ (SnCl_2) とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

(10) 次に、基板を無電解銅めっき水溶液中に浸漬し、層間絶縁層 4002 の表面 (バイアホール用開口 4006 の内壁面を含む) に厚さ 0.6 ~ 3.0 μm の無電解銅めっき膜 4012 を形成した (図 58 (c) 参照)。

20 なお、使用した無電解めっき水溶液、および、無電解めっき条件は、IC チップ実装用基板の製造工程の (10) と同様である。

(11) 無電解めっき膜 4012 を形成した基板を水洗し、その後、電解めっきを施し、無電解めっき膜 4012 上全体に、厚さ 20 μm の電解銅めっき膜 4013 を形成した (図 59 (a) 参照)。

25 なお、使用した電解めっき水溶液、および、電解めっき条件は、IC チップ実装用基板の製造工程の (12) と同様である。

(12) 次に、電解銅めっき膜 4013 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm² で露光し、0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、エッチングレジスト 3 を

形成した（図59（b）参照）。

（13）次に、エッチングレジスト非形成部下の電解銅めっき膜と無電解めっき膜とを、硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、その後、エッチングレジストを5%NaOH溶液で剥離除去することにより無電解銅めっき膜4012と電解銅めっき膜4013とからなる導体回路4007（バイアホール4005を含む）を形成した（図59（c）参照）。

さらに、エッチング液（メックエッチボンド）を用い、導体回路4005（バイアホール7を含む）表面に粗化面（図示せず）を形成した。

（14）次に、層間絶縁層4002表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラー4019（4019a、4019b）を有する光導波路4018（4018a、4018b）を形成した（図60（a）参照）。

すなわち、予め、その一端に先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路変換ミラー4019を形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路（幅25μm、厚さ25μm）を、光路変換ミラー非形成側の他端の側面と層間絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。

なお、光導波路の張り付けは、該光導波路の層間絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10μmに塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。

また、本実施例では、60℃／1時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

（15）次に、ICチップ実装用基板の製造工程の（19）と同様にしてソルダーレジスト組成物を調製し、さらに、基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を35μmの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層4014'を形成した（図60（b）参照）。

（16）次いで、基板の片面に、半田バンプ形成用開口（ICチップ実装用基板と接続するための開口）と光路用開口とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm²の紫外線

で露光し、DMTG溶液で現像処理を施すことにより開口を形成した。

そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口4015と光路用開口4011（4011a、4011b）とを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層4014を形成した（図61（a）参照）。

（17）次に、ICチップ実装用基板の製造工程の（22）の工程と同様にして、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物の充填、硬化処理等を施し、光路用開口内に光路用樹脂層4008を形成した。さらに、ICチップ実装用基板の製造工程の（23）の工程と同様にして、ニッケルめっき層と金めっき層とを形成し、半田パッド4016とした。

（18）次に、ソルダーレジスト層4014に形成した半田バンプ形成用開口4015に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田バンプ形成用開口4015に半田バンプ4017を形成し、多層プリント配線板とした（図61（b）参照）。

C. IC実装光通信用デバイスの製造

まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。

次に、このICチップ実装基板と上記Bの工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田バンプ同士を接続して半田接続部を形成した。

次に、半田接続部を介して接続した多層プリント配線板とICチップ実装用基板との間に、封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成し、光通信用デバイスとした（図49参照）。

なお、封止用樹脂組成物としては、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を用いた。

また、形成した封止樹脂層は、透過率が85%/mmであり、屈折率が1.60であった。

（実施例72）

ICチップ実装用基板および多層プリント配線板に光路用樹脂層を形成する際

- にオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が80%/mmで、屈折率が1.58の光路用樹脂層を形成し、封止樹脂層を形成する際に、封止用樹脂組成物としてオレフィン樹脂を含む樹脂組成物を用いて、その透過率が88%/mmで、屈折率が1.58の封止樹脂層を形成した以外は、実施例71と同様にして光通信用デバイスを製造した。

(実施例73)

- 実施例71のICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程を行った後、光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例71と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が92%/mmであり、屈折率が1.62である。

- 15 (実施例74)

実施例72において、実施例71のICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂層を形成した後、該光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例72と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- 20 すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が92%/mmであり、屈折率が1.62である。

(実施例75)

- 25 実施例71のICチップ実装用基板の製造工程の(23)の工程を行った後、光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設し、さらに、封止樹脂層を形成する際に、アクリル樹脂を含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例71と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が85%/mmであり、屈折率が1.60である。

- 5 なお、本実施例で形成した封止樹脂層は、その透過率が85%/mmであり、屈折率が1.50である。

(実施例76)

- 10 実施例72において、実施例71のICチップ実装用基板の製造方法の(23)の工程と同様の工程を行うことにより光路用樹脂層を形成した後、該光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設し、さらに、封止樹脂層を形成する際に、アクリル樹脂を含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例72と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- 15 すなわち、光路用樹脂層の端部にディスペンサーを用いてエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズは、その透過率が92%/mmであり、屈折率が1.62である。

なお、本実施例で形成した封止樹脂層は、その透過率が85%/mmであり、屈折率が1.50である。

(実施例77)

- 20 実施例71の多層プリント配線板の製造工程の(14)の工程において、光導波路を形成する際に、下記の方法を用いて、最外層の層間絶縁層全体を覆うように、半田バンプ形成用開口および光路変換ミラーを優する光導波路を形成し、このような光導波路を形成した側の最外層には、ソルダーレジスト層を形成しなかった以外は実施例71と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- 25 層間絶縁層全体を覆う光導波路の形成方法について説明する。まず、最外層の層間絶縁層上の所定の位置に、下部クラッド形成用PMMAを塗布成膜し、これを加熱硬化することにより下部クラッドを形成し、その後、上記下部クラッド上に、コア形成用PMMAを塗布成膜し、これを加熱硬化することによりコア層を形成した。その後、コア層の表面にレジストを塗布し、フォトリソグラフィーに

よりレジストパターンを形成して反応性イオンエッチングによりコアの形状にパターンニングすることにより下部クラッド上にコアを形成した。

続いて、この下部クラッドおよびコアの一端に機械加工により 45° 光路変換ミラーを形成した。

- 5 次に、下部クラッドおよびコアを覆うように、層間絶縁層上全体に上部クラッド形成用 PMMA を塗布し、これを加熱硬化することにより層間絶縁層上全体に上部クラッドを形成した。

なお、上記下部クラッド形成用 PMMA と上記上部クラッド形成用 PMMA とは、同一組成からなるものである。

- 10 なお、このような工程を経ることにより、最外層の層間絶縁層上の全体に光導波路が形成されることとなる。

その後、上記光導波路には、レーザ処理により半田バンプ形成用開口を形成した。

(実施例 78)

- 15 多層プリント配線板に形成する光導波路の位置を、ICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上とし、光導波路と ICチップ実装用基板に実装した光学素子との間で光信号の伝送を行うことができるように、光信号伝送用光路を形成した以外は実施例 71 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

- 20 なお、上記した構成の多層プリント配線板は、下記 (1) ~ (7) の工程を経ることにより形成した。

すなわち、(1) まず、実施例 71 の B-3. 多層プリント配線板の製造の (1) ~ (8) と同様にして基板の両面に導体回路とバイアホール用開口とを有する層間絶縁層とを形成した。

- 25 (2) 次に、直径 $300\mu\text{m}$ のドリルを用いて、基板および層間絶縁層を貫通する光路用貫通孔を形成し、さらに、光路用貫通孔の壁面にデスミア処理を施した。

(3) 次に、実施例 71 の B-3 の (9) の工程で用いた方法と同様の方法で、光路用貫通孔の壁面、および、層間絶縁層の表面に触媒を付与し、さらに、実施

例 7 1 の B - 3 の (1 0) の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に基板を浸漬し、層間絶縁層の表面（バイアホール用開口の内壁面を含む）、および、光路用貫通孔の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜）を形成した。

- 5 (4) 次に、実施例 7 1 の A - 3 . I C チップ実装用基板の製造の (1 1) の工程で用いた方法と同様の方法で、上記薄膜導体層上に所定の位置にめっきレジストを形成した。さらに、A - 3 の (1 2) の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト非形成部に電解銅めっき膜を形成した。

- 10 (5) 次に、A - 3 の (1 3) の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジストおよび該めっきレジスト下の薄膜導体層の除去とを行い、独立した導体回路と導体層とを形成した。さらに、酸化還元処理を行うことにより、上記導体回路の表面を粗化面とした。

- 15 (6) 次に、スキージを用いて、導体層が形成された光路用貫通孔内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥後、バフ研磨によりその表層を平坦化し、さらに、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成した。

 (7) 次に、実施例 7 1 の B - 3 の (1 4) の工程と同様の方法を用いて、I C チップ実装用基板と対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間絶縁層上の所定の位置に光路変換ミラーを優する光導波路を形成した。

- 20 その後、B - 3 の (1 5) ~ (1 8) の工程と同様の工程を行うことにより、多層プリント配線板を完成した。なお、この工程で光路用開口を形成する際には、該光路用開口は、上記 (2) の工程で形成した光路用貫通孔に連通するように形成した。

- 25 このようにして得られた実施例 7 1 ~ 7 8 の I C 実装光通信用デバイスについて、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の側面からの露出面に光ファイバを取り付けるとともに、受光素子に代えて検出器を取り付け、その後、光ファイバを介して光信号を送り、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができ、本実施例で製造した I C 実装光通信用デバイスが、光通信用デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。

 また、I C チップ実装用基板に実装した発光素子と、この発光素子と対向する、

多層プリント配線板に形成した光導波路との間での導波損失を下記の方法で測定したところ、 0.3 dB/cm 以下であり、十分に光信号を伝送することができることが明らかとなった。

なお、導波損失の測定は、受光用光導波路の端部に光ファイバを取り付けるとともに、光信号伝送用光路の受光素子側の端部に光ファイバを介してパワーメータを取り付け、その後、光導波路に取り付けた光ファイバから測定波長が 850 nm の光信号を伝送し、受光用光導波路および光信号伝送用光路を介して伝送された光信号をパワーメータで検出することにより行った。

さらに、実施例71～78で得られた光通信用デバイスにおいては、光学素子（受光素子および発光素子）ならびに光導波路の設計からの位置ズレはほとんどみられなかった。

（実施例79～85）

実施例71のA-3の(18)および(22)のそれぞれの工程で、下記の方法を用いて光路用樹脂層を形成した以外は、実施例71と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、まず、上記A-3の(18)の工程において、エポキシ系樹脂（屈折率 1.53 、透過率 $91\%/mm$ 、熱膨張係数 82 ppm ）に $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の粒度分布を有する粉砕シリカの配合量が表15に示した配合量となるように添加した樹脂組成物を調製し、これをスクリーン印刷により光路用貫通孔内に充填した。ここで、樹脂組成物は、その粘度が $200000 \text{ cps (mP} \cdot \text{s)}$ となるように調製した。

次に、 120°C で1時間、および、 150°C で2時間の条件で樹脂組成物を硬化した。

さらに、上記A-3の(22)の工程において、同じ樹脂組成物をスクリーン印刷により光路用開口内に充填し、その後、上記した条件と同じ条件で硬化処理を行い、さらに、光路用開口内から溢れた樹脂組成物を $\#3000$ 研磨紙を用いた研磨により除去し、続いて、 $0.05 \mu\text{m}$ のアルミナ粒子を用いた研磨を行い、表層を平坦化して、光路用樹脂層とした。

なお、実施例79では、シリカ粒子を添加しなかった。

表 1 5

	粉碎シリカの含 有量(重量%)	透過率 (%/mm)	熱膨張係数 (ppm)
実施例79	0	91	72
実施例80	5	84	67
実施例81	10	81	58
実施例82	20	84	50
実施例83	40	82	42
実施例84	50	81	38
実施例85	60	78	32

このようにして得られた実施例79～85に係る光通信用デバイスについて、樹脂組成物の充填性、および、液相温度サイクル試験後の光路用樹脂層におけるクラックの有無を評価した。結果を表16に示した。

なお、ワイヤボンディングの状態の評価は、光路用樹脂層を形成した後に、ワイヤの状態を顕微鏡で観察することにより行った。

また、樹脂組成物の充填性は、光路用樹脂層を形成した後、ICチップ実装用基板を光信号伝送用光路を通るように刃物で切断し、その断面を観察することにより評価した。

また、液相温度サイクル試験およびクラック発生の有無の評価は、実施例7と同様にして行った。

表 1 6

	樹脂組成物の充填性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例79	○	○	○	△
実施例80	○	○	○	△
5 実施例81	○	○	○	○
実施例82	○	○	○	○
実施例83	○	○	○	○
実施例84	○	○	○	○
実施例85	△	○	○	○
10 比較例	—	○	△	×

なお、表16においては、実施例79～85の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例80～85では、光路用樹脂層に粉砕シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行なったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがあるものの、液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

(実施例86～94)

実施例71のB-3の(14)の工程において、表17に示した含有量の粉砕シリカが配合された光導波路を用いた以外は、実施例71と同様にして光通信用デバイスを得た。

実施例86～94のそれぞれにおいて、光導波路は、実施例17～25のそれぞれと同様の方法を用いて形成した。

表17

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
実施例86	0	93	70
実施例87	8	84	67
実施例88	10	82	65
実施例89	15	84	60
実施例90	25	81	53
実施例91	50	82	41
実施例92	60	79	32
実施例93	70	75	28
実施例94	80	77	25

このようにして得られた実施例86～94に係る光通信用デバイスについて、液相温度サイクル試験後の光導波路におけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表18に示した。

なお、上記評価は、実施例17と同様の評価方法および評価基準により行った。

表18

	液相温度サイクル		
	250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例86	○	○	△
実施例87	○	○	△
実施例88	○	○	△
実施例89	○	○	○
実施例90	○	○	○
実施例91	○	○	○
実施例92	○	○	○
実施例93	○	○	○
実施例94	○	○	○
比較例	○	△	×

なお、表18においては、実施例86～94の結果とともに、上述した比較例

で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例 87～94 では、光導波路を構成するクラッドに粉砕シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがある

5 もものの、液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

また、実施例 86～94 で形成した光導波路は、マルチモード用光導波路であるが、このマルチモード用光導波路に代えて、シングルモード用光導波路を用いて実施例 86～94 と同様にして光通信用デバイスを製造した場合にも所定の光信号を伝送することができた。

10 なお、シングルモード用光導波路の作製は、コア形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率、1.50、透過率93%/mm、熱膨張係数115ppm）、クラッド形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率1.48、透過率93%/mm、熱膨張係数141ppm）を用意し、さらに、クラッド形成用樹脂には、必要に応じて、所定の配合量となるように粒子を添加し、これらを用いて、実施
15 例 17 と同様の方法により、コアの断面のサイズが $10 \times 10 \mu\text{m}$ 、上部クラッドおよび下部クラッドの膜厚が $10 \mu\text{m}$ のシングルモード用光導波路を作製した。

また、このような方法で作製した光導波路について、クラッドに粒子が配合されていないシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.43 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が $0.$

20 84 dB/cm であり、クラッドに 50 重量%の粒子が配合されたシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.41 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.82 dB/cm であった。なお、上記伝送損失は、カットバック法により測定した。

また、粒子が配合されていないクラッドの熱膨張係数は 141 ppm 、50 重量%となるように粒子が配合されたクラッドの熱膨張係数は 48 ppm であり、
25 上記シングルモード用光導波路を用いた光通信用デバイスについて、液相温度サイクル試験により光導波路の評価を行ったところ、実施例 86～94 と同様の結果が得られた。

（実施例 95～101）

実施例 7 1 の C の工程において、下記の方法で封止樹脂層を形成した以外は、実施例 7 1 と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを半田バンプを介して接続した後、エポキシ系樹脂（透過率 9 0 % / mm、熱膨張係数 6 7 p p m）

- 5 に、下記表 1 9 に示した配合量となるように 0 . 1 ~ 0 . 8 μ m の粒度分布を有する粉砕シリカ粒子を添加し、粘度 5 0 0 0 c p s (m P \cdot s) に調整した樹脂組成物を、ディスペンサーを用いて、I C チップ実装用基板の周囲に塗布し、その後、放置することにより、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に樹脂組成物を浸透させた。次に、1 2 0 $^{\circ}$ C で 1 時間、および、1 5 0 $^{\circ}$ C で 2 時間
- 10 間の処理を行い、樹脂組成物を硬化させ、封止樹脂層を形成した。なお、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との隙間は、3 0 0 μ m である。

また、実施例 9 5 では、粉砕シリカ粒子を添加しなかった。

表 1 9

15

20

	粉砕シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
実施例95	0	90	67
実施例96	10	82	56
実施例97	20	82	46
実施例98	50	81	32
実施例99	60	80	30
実施例100	70	82	27
実施例101	80	80	24

- このようにして得られた実施例 9 5 ~ 1 0 1 に係る光通信用デバイスについて、封止樹脂層による封止性、および、液相温度サイクル試験後の光導波路における
- 25 クラックの発生の有無を評価した。結果を表 2 0 に示した。

なお、上記封止樹脂層による封止性およびクラックの発生の有無の評価は、実施例 2 6 と同様の評価方法および評価基準により行った。

表 2 0

	封止樹脂層 による封止性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例95	○	○	○	△
実施例96	○	○	○	△
5 実施例97	○	○	○	○
実施例98	○	○	○	○
実施例99	○	○	○	○
実施例100	△	○	○	○
実施例101	△	○	○	○
10 比較例	—	○	△	×

なお、表20においては、実施例95～101の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例96～101では、封止樹脂層に粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行なったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがあるものの、封止樹脂層の封止性および液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

また、実施例95～101と同様の方法を用いて光通信用デバイスを製造する際に、封止樹脂層を形成するための樹脂組成物の粘度を高くし、放置時間を短くすることにより、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とに挟まれた領域の外周付近にのみ封止樹脂層を形成した。このような構成の光通信用デバイスでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間での信号の伝送が空気層を介して行われることとなるが、この場合も光信号の伝送において不都合は発生しなかった。

さらに、実施例95～101のそれぞれと同様の方法を用いて光通信用デバイスを製造する際に、実施例95～101のそれぞれで封止樹脂層を形成する際に用いた樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて、光学素子とソルダーレジスト層および光信号伝送用光路と隙間を樹脂封止した。そして、上記した条件と同様の条件で液相温度サイクル試験を行い、光学素子を封止した樹脂でのクラックの発

生の有無を観察したところ、250サイクル、500サイクル終了後には、クラックが観察されず、1000サイクル終了後では、20～80重量%の粉碎シリカ粒子を含有した樹脂で封止した場合には、クラックが観察されず、一方、粒子を含有しない、および、10重量%の粒子を含有した樹脂で封止した場合には、

5 クラックが若干発生しているものの、光学素子を封止した樹脂を介して光信号の伝送を行うことができた。

なお、樹脂封止は、光学素子の周囲に樹脂をディスペンサーで塗布した後、放置して該樹脂を光学素子とソルダーレジスト層等との隙間に浸透させ、その後、硬化処理を施すことにより行った。

10 (実施例102～106)

実施例73において、マイクロレンズを形成する際に下記の方法でマイクロレンズを形成した以外は、実施例73と同様にして光通信用デバイスを製造した。

すなわち、エポキシ系樹脂（透過率90%/mm、屈折率1.53）に、下記表21に示した配合量となるように、0.1～0.8μmの粒度分布を有する粉

15 砕シリカ粒子を添加した樹脂組成物をディスペンサーを用いて塗布し、該樹脂組成物が表面張力により略半球形状となった状態で、硬化処理を行うことにより、マイクロレンズを形成した。なお、実施例102では、樹脂組成物に粒子を添加しなかった。

表21

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)
実施例102	0	90
実施例103	20	84
実施例104	40	82
25 実施例105	60	82
実施例106	70	81

このようにして得られた実施例102～106に係る光通信用デバイスについて、マイクロレンズを形成する際の樹脂組成物の塗布性、および、液相温度サイクル試験後のマイクロレンズにおけるクラックの発生の有無を評価した。結果を

表 2 2 に示した。なお、マイクロレンズを形成する際の塗布性の評価と、液相温度サイクル試験およびその後のマイクロレンズにおけるクラックの発生の有無の観察とは、実施例 6 6 と同様にして行った。

表 2 2

5

	塗布性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例102	○	○	○	○
実施例103	○	○	○	○
実施例104	○	○	○	○
実施例105	○	○	○	○
10 実施例106	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

なお、表 2 2 においては、実施例 1 0 2 ～ 1 0 6 の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

15

また、実施例 1 0 3 ～ 1 0 6 では、マイクロレンズを構成する樹脂組成物に粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については若干の違いがあるものの、樹脂組成物の塗布性および液相温度サイクルの結果については、同様の結果が得られた。

20

(実施例 1 0 7)

A. 樹脂フィルムの作製

実施例 1 の A の工程と同様の方法を用いて、樹脂フィルムを作製した。

B. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

25

実施例 1 の B の工程と同様の方法を用いて、貫通孔充填用樹脂組成物を調整した。

C. 基板

基板としては、厚さ 0. 8 mm のガラスエポキシ樹脂または B T (ビスマレイミドトリアジン) 樹脂からなる絶縁性基板を用いた。

D. 光導波路の製造

次に、以下の方法を用いて光路変換ミラーを有する光導波路を製造した。

即ち、PMMAからなるフィルム状の光導波路（マイクロパーツ社製：幅1 m m、厚さ20 μ m）の一端に、先端がV形90°のダイヤモンドソーを用いて45°光路変換ミラーを形成し、光導波路を製造した。

E. 積層体の製造

（1）上記Aに記載した樹脂フィルムを170℃で30分間熱硬化させて形成した基材層5031の両面に18 μ mの銅箔5028がラミネートされている銅張樹脂フィルムを出発材料とした（図65（a）参照）。まず、この銅張樹脂フィルムをレーザ削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基材層5031の両面に導体回路5024とスルーホール5029とを形成した。

（2）スルーホール5029と導体回路5024とを形成した基材層を水洗いし、乾燥した後、NaOH（10 g/l）、NaClO₂（40 g/l）、Na₃PO₄（6 g/l）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化处理、および、NaOH（10 g/l）、NaBH₄（6 g/l）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール5029を含む導体回路5024の表面に粗化面（図示せず）を形成した（図65（b）参照）。

（3）上記Bに記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール5029内および基材層5031の片面の導体回路非形成部と導体回路5024の外縁部とに樹脂充填材5030'の層を形成した。

即ち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基材層上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材5030'の層を形成した（図65（c）参照）。

（4）上記（3）の処理を終えた基材層の片面を、＃600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路5024の表面やスルーホール5029のランド表面に樹脂充填材5030'が残らないように

研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基材層の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層5030を形成した。

- 5 このようにして、スルーホール5029や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材5030の表層部および導体回路5024の表面を平坦化し、樹脂充填材5030と導体回路5024の側面とが粗化面（図示せず）を介して強固に密着し、また、スルーホール5029の内壁面と樹脂充填材5030とが粗化面（図示せず）を介して強固に密着した基材層を得た（図65（d）参照）。この工程
- 10 により、樹脂充填材層5030の表面と導体回路5024の表面とが同一平面となる。

- （5）上記基材層を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路5024の表面とスルーホール5029のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路50
- 15 24の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅（I I）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

- （6）次に、上記Aで作製した基材層より少し大きめの樹脂フィルムを基材層上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着し
- 20 て裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層5022を形成した（図65（e）参照）。

即ち、樹脂フィルムを基材層上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

- 25 （7）次に、層間絶縁層5022上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層5022に、直径80μmのバイアホール用開口5026を形成した（図66（a）参照）。

(8) バイアホール用開口 5026 を形成した基材層を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃ の溶液に 10 分間浸漬し、層間絶縁層 5022 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 5026 の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

- 5 (9) 次に、上記処理を終えた基材層を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗面化处理（粗化深さ 3 μm）した基材層の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層 5022 の表面（バイアホール用開口 5026 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。即ち、上記基材層を塩化パラジウム（PdCl₂）と塩化第一スズ（SnCl₂）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

- 10 (10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基材層を浸漬し、層間絶縁層 5022 の表面（バイアホール用開口 5026 の内壁面を含む）に厚さ 0.6 ~ 3.0 μm の薄膜導体層（無電解銅めっき膜）5032 を形成した（図 66 (b) 参照）。

〔無電解めっき水溶液〕

	NiSO ₄	0.003 mol/l
	酒石酸	0.200 mol/l
	硫酸銅	0.030 mol/l
20	HCHO	0.050 mol/l
	NaOH	0.100 mol/l
	α、α' - ビピリジル	100 mg/l
	ポリエチレングリコール (PEG)	0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

- 25 30℃ の液温度で 40 分

(11) 次に、薄膜導体層（無電解銅めっき膜）5032 が形成された基材層に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm² で露光し、0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ 20 μm のめっきレジスト 5023 を設けた（図 66 (c) 参照）。

(12) ついで、基材層を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト5023非形成部に、厚さ20 μ mの電解銅めっき膜5033を形成した(図66(d)参照)。

5 〔電解めっき液〕

硫酸 2.24 mol/l

硫酸銅 0.26 mol/l

添加剤 19.5 ml/l

(アテックジャパン社製、カパラシドHL)

10 〔電解めっき条件〕

電流密度 1 A/dm²

時間 65 分

温度 22 \pm 2 °C

(13) さらに、めっきレジスト5023を5%NaOHで剥離除去した後、
15 そのめっきレジスト5023下の薄膜導体層を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、薄膜導体層(無電解銅めっき膜)5032と電解銅めっき膜5033とからなる厚さ18 μ mの導体回路5025(バイアホール5027を含む)を形成した(図67(a)参照)。

(14) さらに、上記(5)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング
20 液を用いて、導体回路5025の表面に粗化面(図示せず)を形成し、次いで、上記(6)～(8)の工程と同様にしてバイアホール用開口5026を有し、その表面に粗化面(図示せず)が形成された層間絶縁層5022を積層形成し、導体回路積層体とした(図67(b)参照)。

その後、層間絶縁層5022上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマス
25 クを介して、炭酸ガスレーザを用いて基材層5031および層間絶縁層5022を貫通する直径250 μ mの開口5046を形成し、さらに、開口5046の壁面にデスミア処理を施した(図67(c)参照)。

(15) 次に、上記(9)の工程で用いた方法と同様の方法で、開口5046の壁面および層間絶縁層5022の表面に触媒を付与し、さらに、上記(10)

の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、導体回路積層体を浸漬し、層間絶縁層 5 0 2 2 の表面（バイアホール用開口 5 0 2 6 の内壁面を含む）、および、開口 5 0 4 6 の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜） 5 0 3 2 を形成した（図 6 8（a）参照）。

- 5 (1 6) 次に、上記 (1 1) の工程で用いた方法と同様の方法で、薄膜導体層上の一部にめっきレジスト 5 0 2 3 を設け、さらに、上記 (1 2) の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 5 0 2 3 非形成部に、厚さ 2 0 μ m の電解銅めっき膜 5 0 3 3 を形成した（図 6 8（b）参照）。

- 10 (1 7) 次に、上記 (1 3) の工程で用いた方法と同様の方法で、薄膜導体層上の一部にめっきレジスト 5 0 2 3 の剥離と、めっきレジスト 5 0 2 3 下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路 5 0 2 5（バイアホール 5 0 2 7 を含む）および導体層 5 0 4 5 を形成した。

- 15 さらに、上記 (2) の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路 5 0 2 5 の表面および導体層 5 0 4 5 の表面を粗化面（図示せず）とした（図 6 8（c）参照）。

(1 8) 次に、スキージを用いて、導体層 5 0 4 5 が形成された開口 5 0 4 6 内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、樹脂組成物層 5 0 4 2 a を形成した（図 6 9（a）参照）。

- 20 (1 9) 次に、次に、実施例 1 の (1 9) の工程と同様にして、ソルダーレジスト組成物を調整した。

- 25 (2 0) 次に、樹脂組成物層 5 0 4 2 a を形成した導体回路積層体の片面に、上記ソルダーレジスト組成物を 3 0 μ m の厚さで塗布し、7 0℃で 2 0 分間、7 0℃で 3 0 分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層 5 0 3 4 ' を形成した（図 6 9（b）参照）。

(2 1) 次いで、半田バンプ形成用開口および光路用開口のパターンが描画された厚さ 5 mm のフォトマスクを I C チップ実装側のソルダーレジスト組成物の層 5 0 3 4 ' に密着させて 1 0 0 0 m J / c m² の紫外線で露光し、DMTG 溶液で現像処理し、直径 2 0 0 μ m の開口を形成した。

さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト組成物の層を硬化させ、半田バンプ形成用開口5047、および、光路用開口5042bを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層5034を形成した。なお、上記ソルダーレジスト組成物としては、市販のソルダーレジスト組成物を使用することもできる。

(22) 次に、ソルダーレジスト層5034を形成した導体回路積層体を、塩化ニッケル(2.3×10⁻¹mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8×10⁻¹mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6×10⁻¹mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口5047に厚さ5μmのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム(7.6×10⁻³mol/l)、塩化アンモニウム(1.9×10⁻¹mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.2×10⁻¹mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(1.7×10⁻¹mol/l)を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03μmの金めっき層を形成し、半田パッド5036とし、積層体を得た(図70(a)参照)。

F. 積層工程

(1) まず、上記Eの工程で製造した積層体のソルダーレジスト層非形成面(図中、下面)の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラーを有する光導波路5050を貼り付けた(図70(b)参照)。

即ち、上記Dの工程で製造した光導波路を導体回路非形成部に光変換ミラー非形成側のその他端の側面と層間絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。なお、光導波路の張り付けは、該光導波路の層間絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ10μmに塗布しておき、圧着後、60℃で1時間硬化させることにより行った。

(2) 次に、上記Bに記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、パイアホール5027内、ソルダーレジスト層が形成されていない片面の導体回路非形成部、光導波路非形成部、および、導体回路502

5 (バイアホール5027含む)の外縁部に樹脂充填材の層を形成した。

即ち、まず、スキージを用いてバイアホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路および光導波路非形成部に相当する部分が開口したマスクを積層体上に載置し、スキージを用いて凹部となっ
5 ている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材の層を形成した。

(3) 上記(2)の処理を終えた積層体の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路5025の表面や光導波路5050の表面に樹脂充填材が残らないように研磨し、次いで、上記
10 ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層5051を形成した。

このようにして、バイアホール5027、導体回路および光導波路非形成部に形成された樹脂充填材5051の表層部、導体回路5025および光導波路50
15 50の表面を平坦化し、樹脂充填材5051と導体回路5025の側面とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着し、また、バイアホール5027の内壁面と樹脂充填材5051とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着した積層体を得た(図71(a)参照)。この工程により、樹脂充填材層5051の表面と導体回路5024および光導波路5050の表面とが同一平面となる。

20 (4) 次に、上記(1)～(3)の工程を経て、光導波路5050および樹脂充填材層5051が形成された積層体を上記Cの基板5021上に載置し、真空ラミネータ装置を用いて、真空または減圧下、圧力0.5MPa、温度100℃、時間120秒の条件で圧着し、その後、150℃で40分間熱硬化させ、基板5021上に光導波路5050および樹脂充填材層5051が形成された積層体を
25 積層させた。

(5) 次に、ソルダーレジスト層5034に形成した半田バンプ形成用開口5047に半田ペーストを印刷し、さらに、受光素子5038および発光素子5039の受光部5038aおよび発光部5039aの位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子5038および発光素子5

039を実装するとともに、半田バンプ形成用開口5047に半田バンプ5037を形成し、ICチップ実装用基板と得た（図71（b）参照）。

なお、受光素子5038としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子5039としては、InGaAsPからなるものを用いた。

- 5 なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

（実施例108）

実施例107の（18）の工程において、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物に代えて、ポリオレフィンを含む樹脂組成物を用いた以外は実施例107と同様にし

- 10 てICチップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

（実施例109）

実施例107の（18）の工程、即ち、樹脂組成物層5042aを形成する工

- 15 程を行わなかった以外は実施例107と同様にしてICチップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が空隙とその周囲の導体層とにより構成されることとなる。

（実施例110）

実施例107の（15）および（16）の工程において、開口の壁面には導体層を形成しなかった以外は、実施例107と同様にしてICチップ実装用基板を得た。

- 20 なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されることとなる。

（実施例111）

- 25 実施例107の（15）および（16）の工程において、開口の壁面には導体層を形成せず、（18）の工程において、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物に代えて、ポリオレフィンを含む樹脂組成物を用いた以外は、実施例107と同様にしてICチップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹

脂組成物および空隙により構成されることとなる。

(実施例 1 1 2)

実施例 1 0 7 の (1 5) および (1 6) の工程において、開口の壁面には導体層を形成せず、(1 8) の工程、即ち、樹脂組成物層を形成する工程を行わなかった以外は実施例 1 0 7 と同様にして I C チップ実装用基板を得た。

なお、本実施例で製造した I C チップ実装用基板では、光信号伝送用光路が空隙により構成されることとなる。

(実施例 1 1 3)

- (1) 厚さ 0 . 8 mm のガラスエポキシ樹脂または B T (ビスマレイミドトリ
10 アジン) 樹脂からなる絶縁性基板 5 1 2 1 の両面に 1 8 μ m の銅箔 5 1 2 8 がラ
ミネートされている銅張積層板を出発材料とした (図 7 2 (a) 参照) 。まず、
この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチ
ングすることにより、基板 5 1 2 1 の両面に導体回路 5 1 2 4 とスルーホール 5
1 2 9 とを形成した。
- 15 (2) スルーホール 5 1 2 9 と導体回路 5 1 2 4 とを形成した基板を水洗いし、
乾燥した後、NaOH (1 0 g / l) 、NaClO₂ (4 0 g / l) 、Na₃P
O₄ (6 g / l) を含む水溶液を黒化浴 (酸化浴) とする黒化处理、および、N
aOH (1 0 g / l) 、NaBH₄ (6 g / l) を含む水溶液を還元浴とする還
元処理を行い、スルーホール 5 1 2 9 を含む導体回路 5 1 2 4 の表面に粗化面 (
- 20 図示せず) を形成した。

(3) 次に、基板表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラーを有する光導波路 5 1 5 0 を形成した (図 7 2 (b) 参照) 。

- 即ち、予め、その一端に先端が V 形 9 0 ° のダイヤモンドソーを用いて 4 5 °
光路変換ミラーを形成しておいた PMMA からなるフィルム状の光導波路 (マイ
25 クロパーツ社製 : 幅 1 mm 、厚さ 2 0 μ m) を、光変換ミラー非形成側のその他
端の側面と基板の側面とが揃うように貼り付けた。

なお、光導波路 5 1 5 0 の張り付けは、該光導波路の基板との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ 1 0 μ m に塗布しておき、圧着後、6 0 °C で 1 時間硬化させることにより行った。

なお、本実施例では、60℃/1時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化を行ってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

(4) 実施例107のBに記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール5129内ならびに基板5121の片面の導体回路非形成部、光導波路非形成部、および、導体回路5124の外縁部に樹脂充填材5130'の層を形成した。即ち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材5130'の層を形成した(図72(c)参照)。

(5) 上記(4)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路5124の表面やスルーホール5129のランド表面に樹脂充填材5130'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層5130を形成した。

このようにして、スルーホール5129や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材5130の表層部および導体回路5124の表面を平坦化し、樹脂充填材5130と導体回路5124の側面とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着し、また、スルーホール5129の内壁面と樹脂充填材5130とが粗化面(図示せず)を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図72(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層5130の表面と導体回路5124の表面と光導波路5150の表面とが同一平面となる。

(6) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路5124の表面とスルーホール5129のランド表面と内壁とをエッチングすることにより、導体回路

5 1 2 4の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅（I I）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

（7）次に、上記（1）で作製した基板より少し大きめの樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間絶縁層5122を形成した（図72（e）参照）。

即ち、樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80℃、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

10 なお、上記樹脂フィルムは実施例107のAと同様にして作製した。

（8）次に、層間絶縁層5122上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間絶縁層5122に、直径80μmのバイアホール用開口5126を形成した（図73（a）参照）。

（9）バイアホール用開口5126を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間絶縁層5122の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口5126の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

20 （10）次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗面化処理（粗化深さ3μm）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間絶縁層5122の表面（バイアホール用開口5126の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。即ち、上記基板を塩化パラジウム（PdCl₂）と塩化第一スズ（SnCl₂）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

（11）次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層5122の表面（バイアホール用開口5126の内壁面を含む）に厚さ0.6～3.0μmの薄膜導体層（無電解銅めっき膜）5132を形成した（図73

(b) 参照)。

[無電解めっき水溶液]

NiSO ₄	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
5 硫酸銅	0.030 mol/l
HCHO	0.050 mol/l
NaOH	0.100 mol/l
α、α'-ビピリジル	100 mg/l
ポリエチレングリコール (PEG)	0.10 g/l

10 [無電解めっき条件]

30℃の液温度で40分

(12) 次に、薄膜導体層 (無電解銅めっき膜) 5132 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm²で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ20 μmのめっきレジスト5123を設けた (図73 (c) 参照)。

(13) ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト5123非形成部に、厚さ20 μmの電解銅めっき膜5133を形成した (図73 (d) 参照)。

20 [電解めっき液]

硫酸	2.24 mol/l
硫酸銅	0.26 mol/l
添加剤	19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カパラシドHL)

25 [電解めっき条件]

電流密度	1 A/dm ²
時間	65 分
温度	22 ± 2 °C

(14) さらに、めっきレジスト5123を5%NaOHで剥離除去した後、

そのめっきレジスト 5 1 2 3 下の薄膜導体層を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、薄膜導体層（無電解銅めっき膜） 5 1 3 2 と電解銅めっき膜 5 1 3 3 とからなる厚さ $18\ \mu\text{m}$ の導体回路 5 1 2 5（バイアホール 5 1 2 7 を含む）を形成した（図 7 4（a）参照）。

- 5 (15) さらに、上記（6）の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路 5 1 2 5 の表面に粗化面（図示せず）を形成し、次いで、上記（6）～（8）の工程と同様にしてバイアホール用開口 5 1 2 6 を有し、その表面に粗化面（図示せず）が形成された層間絶縁層 5 1 2 2 を積層形成した（図 7 4（b）参照）。

- 10 その後、厚さ $1.2\ \text{mm}$ の貫通孔が形成されたマスクを介して、炭酸ガスレーザを用いて層間絶縁層 5 1 2 2 の光導波路 5 1 5 0 に対向する位置に、直径 $250\ \mu\text{m}$ の開口 5 1 4 6 を形成し、さらに、開口 5 1 4 6 の壁面にデスミア処理を施した（図 7 4（c）参照）。

- 15 (16) 次に、上記（10）の工程で用いた方法と同様の方法で、層間絶縁層 5 1 2 2 の表面に触媒を付与し、さらに、上記（11）の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間絶縁層 5 1 2 2 の表面（バイアホール用開口 5 1 2 6 の内壁面を含む）に薄膜導体層（無電解銅めっき膜） 5 1 3 2 を形成した（図 7 5（a）参照）。なお、上記工程で形成した開口の壁面にはマスクを形成しておき、触媒を付与しなかった。

- 20 (17) 次に、上記（12）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 5 1 2 3 を設け、さらに、上記（13）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 5 1 2 3 非形成部に、厚さ $20\ \mu\text{m}$ の電解銅めっき膜 5 1 3 3 を形成した（図 7 5（b）参照）。

- 25 (18) 次に、上記（14）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト 5 1 2 3 の剥離と、めっきレジスト 5 1 2 3 下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路 5 1 2 5（バイアホール 5 1 2 7 を含む）を形成した。

さらに、上記（2）の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路 5 1 2 5 の表面を粗化面（図示せず）とした（図 7 5（c）参照）。

(19) 次に、スキージを用いて、開口 5 1 4 6 内にエポキシ樹脂を含む樹脂

組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、樹脂組成物層 5 1 4 2 a を形成した（図 7 6（a）参照）。

（20）次に、次に、実施例 1 の（19）の工程と同様にして、ソルダーレジスト組成物を調整した。

- 5 （21）次に、樹脂組成物層 5 1 4 2 a を形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を $30\text{ }\mu\text{m}$ の厚さで塗布し、 70°C で 20 分間、 70°C で 30 分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層 5 1 3 4' を形成した。（図 7 6（b）参照）。

- 10 （22）次いで、半田バンプ形成用開口および光路用開口のパターンが描画された厚さ 5 mm のフォトマスクを IC チップ実装側のソルダーレジスト組成物の層 5 1 3 4' に密着させて $1000\text{ mJ}/\text{cm}^2$ の紫外線で露光し、DMTG 溶液で現像処理し、直径 $200\text{ }\mu\text{m}$ の開口を形成した。

- 15 さらに、 80°C で 1 時間、 100°C で 1 時間、 120°C で 1 時間、 150°C で 3 時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト組成物の層を硬化させ、半田バンプ形成用開口 5 1 4 7、および、光路用開口 5 1 4 2 b を有し、その厚さが $20\text{ }\mu\text{m}$ のソルダーレジスト層 5 1 3 4 を形成した（図 7 7（a）参照）。

- 20 （23）次に、ソルダーレジスト層 5 1 3 4 を形成した基板を、塩化ニッケル（ $2.3 \times 10^{-1}\text{ mol/l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $2.8 \times 10^{-1}\text{ mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.6 \times 10^{-1}\text{ mol/l}$ ）を含む $\text{pH}=4.5$ の無電解ニッケルめっき液に 20 分間浸漬して、半田バンプ形成用開口 5 1 4 7 に厚さ $5\text{ }\mu\text{m}$ のニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（ $7.6 \times 10^{-3}\text{ mol/l}$ ）、塩化アンモニウム（ $1.9 \times 10^{-1}\text{ mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.2 \times 10^{-1}\text{ mol/l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $1.7 \times 10^{-1}\text{ mol/l}$ ）を含む無電解金めっき液に 80°C の条件で 7.5 分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ $0.03\text{ }\mu\text{m}$ の金めっき層を形成し、半田パッド 5 1 3 6 とした。

（24）次に、ソルダーレジスト層 5 1 3 4 に形成した半田バンプ形成用開口 5 1 4 7 に半田ペーストを印刷し、さらに、受光素子 5 1 3 8 および発光素子 5

1 3 9 の受光部 5 1 3 8 a および発光部 5 1 3 9 a の位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子 5 1 3 8 および発光素子 5 1 3 9 を実装するとともに、半田バンプ形成用開口 5 1 4 7 に半田バンプ 5 1 3 7 を形成し、ICチップ実装用基板と得た（図 7 7（b）参照）。

- 5 なお、受光素子 5 1 3 8 としては、InGaAs からなるものを用い、発光素子 5 1 3 9 としては、InGaAsP からなるものを用いた。

なお、本実施例で製造した IC チップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されることとなる。

（実施例 1 1 4）

- 10 実施例 1 1 3 の（3）の工程において、フィルム状の光導波路を貼り付けることにより、光導波路を形成する方法に代えて、以下の方法を用いて光導波路を基板上に直接形成した以外は実施例 1 1 3 と同様にして IC チップ実装用基板を得た。

- 15 即ち、基板上の所定の位置に PMMA 樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化し、さらに、硬化処理後、その一端に先端が V 形 90° のダイヤモンドソーを用いて 45° 光路変換ミラーを形成し、光導波路を形成した。

（参考例 1）

- 20 （1）まず、実施例 1 1 3 の（1）～（19）と同様の工程を行い、光導波路および光信号伝送用開口が形成された多層配線板を作製した。

- 次に、樹脂組成物を充填した光信号伝送用開口の端部に受光素子および発光素子を位置合わせを行いながら取り付けた。なお、受光素子としては、InGaAs からなるものを用い、発光素子としては、InGaAsP からなるものを用いた。また、受光素子および発光素子の接続端子と多層配線板の導体回路との接続
25 は導電性接着剤により行った。

（2）次に、受光素子および発光素子を取り付けた多層配線板上に、実施例 1 1 3 の（7）～（14）の工程で用いた方法と同様の方法で、層間絶縁層および導体回路を形成した。

ここで、樹脂フィルムとしては、予め、受光素子および発光素子に相当する部

分に開口が設けられたものを用いた。

さらに、実施例 113 の (16) ~ (24) の工程で用いた方法と同様の方法を行うことにより、導体回路およびソルダーレジスト層の形成を行った。ここで、上記 (19) の工程は行わず、また、導体回路は光学素子と接続されるように形成した。

このような方法を用いて、その内部に光学素子（受光素子および発光素子）が実装された IC チップ実装用基板を製造した。

実施例 107 ~ 114 および参考例 1 に示した方法で、IC チップ実装用基板をそれぞれ 100 個ずつ製造し、これらの IC チップ実装用基板を光導波路および光信号伝送用光路を通るように刃物で切断し、その断面を観察した。

その結果、いずれの IC チップ実装用基板においても、光導波路、および、光導波路と光学素子とを接続する光信号伝送用光路が確保されていた。

また、実施例 107、113 および参考例 1 に示した方法で IC チップ実装用基板をそれぞれ 100 個ずつ製造し、これらの IC チップ実装用基板について、IC チップを実装した後、光信号を出力する側の光導波路の端部に検出器を取り付け、その後、光信号が入力する側の光導波路を介して光信号を送り、IC チップで演算させた後、検出器で光信号を検出するとともに、受光素子および発光素子と光信号伝送用光路との接続損失を測定した。

その結果、実施例 107 に示した方法で製造された IC チップ実装用基板では、100 個中 5 個、実施例 113 に示した方法で製造された IC チップ実装用基板では、100 個中 7 個の IC チップ実装用基板で、所望の光信号を検出することができず、接続損失が大きいものが発見された。

また、参考例 1 に示した方法で製造された IC チップ実装用基板では、100 個中 40 個の IC チップ実装用基板で、所望の光信号を検出することができず、接続損失が大きいものが発見された。

参考例 1 に示した方法で製造された IC チップ実装用基板で接続不良の製品の数が多いのは、参考例 1 に示した方法では、光学素子を実装した後、導体回路や層間絶縁層等を形成する工程で、熱処理等を施す必要があり、この熱処理時に光学素子の位置ずれが発生し、接続不良が起こったものと推定された。

なお、実施例 107、113 で示した方法により製造された IC チップ実装用基板においても、光学素子の位置ずれによる接続不良が発生している製品があったが、光学素子が表面実装されているため、光学素子のみを取り替えることにより、このような接続不良を解消することができた。

- 5 また、実施例 107、113 に示した方法で製造した IC チップ実装用基板において、光信号伝送用光路の端部に接着層を介してマイクロレンズを形成し、また、同じく実施例 107、113 に示した方法で製造した IC チップ実装用基板において、光信号伝送用光路の内部であって、樹脂組成物層上にディスペンサーを用いてアクリル樹脂を滴下することによりマイクロレンズを形成した（図 6 4
10 および図 7 8 参照）。

そして、これらマイクロレンズを形成した IC チップ実装用基板の光信号の接続損失を上記方法と同様にして測定したが、いずれも実施例 107、113 に示した方法で製造した IC チップ実装用基板に比べて、所望の光信号を検出することができず、接続損失が大きい IC チップ実装用基板の数は少なくなっていた。

- 15 （実施例 115～121）

実施例 107 の E の（18）の工程で、下記の方法を用いて樹脂組成物層を形成した以外は、実施例 107 と同様にして IC チップ実装用基板を製造した。

- すなわち、まず、エポキシ系樹脂（屈折率 1.53、透過率 91%/mm、熱膨張係数 82 ppm）に 0.1～0.8 μ m の粒度分布を有する粉碎シリカの配合量が表 23 に示した配合量となるように添加した樹脂組成物を調製し、これを
20 スクリーン印刷により貫通孔内に充填した。ここで、樹脂組成物は、その粘度が 200000 cps（mP・s）となるように調製した。

次に、120℃で1時間、および、150℃で2時間の条件で樹脂組成物を硬化し、樹脂組成物層とした。

- 25 なお、実施例 115 では、シリカ粒子を添加しなかった。

表 23

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率 (%/mm)	熱膨張係数 (ppm)
実施例115	0	91	72
実施例116	5	84	67
実施例117	10	81	58
実施例118	20	84	50
実施例119	40	82	42
実施例120	50	81	38
実施例121	60	78	32

このようにして得られた実施例115～121に係るICチップ実装用基板について、樹脂組成物の充填性、および、液相温度サイクル試験後の樹脂組成物層におけるクラックの有無を評価した。結果を表24に示した。

なお、樹脂組成物の充填性は、樹脂組成物層を形成した後、ICチップ実装用基板を光信号伝送用光路を通るように刃物で切断し、その断面を観察することにより評価した。

また、液相温度サイクル試験およびクラック発生の有無の評価は、実施例7と同様にして行った。

表24

	樹脂組成物の充填性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例115	○	○	○	△
実施例116	○	○	○	△
実施例117	○	○	○	○
実施例118	○	○	○	○
実施例119	○	○	○	○
実施例120	○	○	○	○
実施例121	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

なお、表 2 4 においては、実施例 1 1 5 ～ 1 2 1 の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例 1 1 6 ～ 1 2 1 では、樹脂組成物層に粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがあるものの、液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

(実施例 1 2 2 ～ 1 3 0)

実施例 1 0 7 の D の工程において、表 2 5 に示した含有量の粉碎シリカ粒子（粒度分布、0. 1 ～ 0. 8 μ m）が配合された光導波路を用いた以外は、実施例 1 0 7 と同様にして I C チップ実装用基板を得た。

実施例 1 2 2 ～ 1 3 0 のそれぞれにおいて、光導波路は、実施例 1 7 ～ 2 5 のそれぞれと同様の方法を用いて形成した。

表 2 5

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率(%/mm)	熱膨張係数(ppm)
実施例122	0	93	70
実施例123	8	84	67
実施例124	10	82	65
実施例125	15	84	60
実施例126	25	81	53
実施例127	50	82	41
実施例128	60	79	32
実施例129	70	75	28
実施例130	80	77	25

このようにして得られた実施例 1 2 2 ～ 1 3 0 に係る I C チップ実装用基板について、液相温度サイクル試験後の光導波路におけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表 2 6 に示した。

なお、上記評価は、実施例 1 7 と同様の評価方法および評価基準により行った。

表 2 6

	液相温度サイクル		
	250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例122	○	○	△
実施例123	○	○	△
実施例124	○	○	△
実施例125	○	○	○
実施例126	○	○	○
実施例127	○	○	○
実施例128	○	○	○
実施例129	○	○	○
実施例130	○	○	○
比較例	○	△	×

なお、表 2 6 においては、実施例 1 2 2 ～ 1 3 0 の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例 1 2 3 ～ 1 3 0 では、光導波路を構成するクラッドに粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については、若干の違いがあるものの、液相温度サイクル試験の結果については同様の結果が得られた。

また、実施例 1 2 2 ～ 1 3 0 で形成した光導波路は、マルチモード用光導波路であるが、このマルチモード用光導波路に代えて、シングルモード用光導波路を用いて実施例 1 2 2 ～ 1 3 0 と同様にして I C チップ実装用基板を製造した場合にも所定の光信号を伝送することができた。

なお、シングルモード用光導波路の作製は、コア形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率、1.50、透過率 93%/mm、熱膨張係数 115 ppm）、クラッド形成用樹脂としてシロキサン系樹脂（屈折率 1.48、透過率 93%/mm、熱膨張係数 141 ppm）を用意し、さらに、クラッド形成用樹脂には、必要に応じて、所定の配合量となるように粒子を添加し、これらを用いて、実施

例 17 と同様の方法により、コアの断面のサイズが $10 \times 10 \mu\text{m}$ 、上部クラッドおよび下部クラッドの膜厚が $10 \mu\text{m}$ のシングルモード用光導波路を作製した。

また、このような方法で作製した光導波路について、クラッドに粒子が配合されて

- 5 送損失が 0.43 dB/cm 、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.84 dB/cm であり、クラッドに 50 重量% の粒子が配合されたシングルモード用光導波路は、波長 $1.33 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.41 dB/cm 、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の信号光に対する伝送損失が 0.82 dB/cm であった。なお、上記伝送損失は、カットバック法により測定した。

- 10 また、粒子が配合されていないクラッドの熱膨張係数は 141 ppm 、50 重量% となるように粒子が配合されたクラッドの熱膨張係数は 48 ppm であり、上記シングルモード用光導波路を用いた IC チップ実装用基板について、液相温度サイクル試験により光導波路の評価を行ったところ、実施例 122～130 と同様の結果が得られた。

- 15 (実施例 131～135)

実施例 107 のにおいて、光学素子を実装する前に、光信号伝送用光路の内部であって、樹脂組成物層上に、下記の方法でマイクロレンズを形成した以外は、実施例 107 と同様にして IC チップ実装用基板を製造した。

- すなわち、エポキシ系樹脂（透過率 $90\%/ \text{mm}$ 、屈折率 1.53 ）に、下記
20 表 27 に示した配合量となるように、 $0.1 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の粒度分布を有する粉碎シリカ粒子を添加した樹脂組成物をディスペンサーを用いて塗布し、該樹脂組成物が表面張力により略半球形状となった状態で、硬化処理を行うことにより、マイクロレンズを形成した。なお、実施例 131 では、樹脂組成物に粒子を添加しなかった。

- 25 表 27

	粉碎シリカの含有量(重量%)	透過率 (%/mm)
実施例131	0	90
実施例132	20	84
実施例133	40	82
実施例134	60	82
実施例135	70	81

このようにして得られた実施例131～135に係るICチップ実装用基板について、マイクロレンズを形成する際の樹脂組成物の塗布性、および、液相温度サイクル試験後のマイクロレンズにおけるクラックの発生の有無を評価した。結果を表28に示した。なお、マイクロレンズを形成する際の塗布性の評価と、液相温度サイクル試験、および、その後のマイクロレンズにおけるクラックの発生の有無の観察は、実施例66と同様にして行った。

表28

	塗布性	液相温度サイクル		
		250サイクル	500サイクル	1000サイクル
実施例131	○	○	○	○
実施例132	○	○	○	○
実施例133	○	○	○	○
実施例134	○	○	○	○
実施例135	△	○	○	○
比較例	—	○	△	×

なお、表28においては、実施例131～135の結果とともに、上述した比較例で製造した光通信用デバイスにおける光信号の伝送性の評価結果を示している。

また、実施例132～135では、マイクロレンズを構成する樹脂組成物に粉碎シリカ粒子を配合しているが、このシリカ粒子に代えて、チタニア粒子やアルミナ粒子を用いて同様の実験を行ったところ、熱膨張係数の値については若干の

違いがあるものの、樹脂組成物の充填性および液相温度サイクルの結果については、同様の結果が得られた。

産業上利用の可能性

5 第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板は、上述したように、光学素子を実装されるとともに、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されているため、上記光信号伝送用光路を介して、上記光学素子の入出力信号を伝送することができる。また、該基板にＩＣチップを実装した場合、ＩＣチップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れる。

10 また、ＩＣチップを実装した第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

また、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板において、光学素子が表面実装されている場合は、製造時の熱処理に起因する位置ずれが発生することがなく、加えて、一の光学素子に不都合が発生した場合、その光学素子のみ
15 を取り替えればよく、経済的に有利である。

第一群の本発明の第二の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法は、上述したように、ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路を形成するため、該光信号伝送用光路を介して光学素子の入出力信号を伝送することができる第一群
20 の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を好適に製造することができる。

第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスでは、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板のうちの少なくともいずれか一方に、上述した態様の光信号伝送用光路が形成されているため、該光信号伝送用光路を介して好適に光信号を伝送することができる。また、優れた光信号伝送性を確保するとともに、高密度配線を達成することができる。
25

さらに、上記光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板として、第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板を用いた場合には、上述した第一群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板に係る効果と同様の効果を、第一群の本発明の第三～第五の発明の光通信用デバイスにおいて得ることができ

る。

第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、上記したように、所定の位置に受光素子および発光素子が実装された I C チップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

また、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいては、上記したように、封止樹脂層が形成されており、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性に優れることとなる。

さらに、封止樹脂層が形成されていることにより、該封止樹脂層が上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなるため、第二群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは信頼性に優れることとなる。

第二群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊していることゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることのない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

また、I C チップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記 I C チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、第二群の本発明の第二の発明の製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、上記したように、所定の位置に受光素子および発光素子が実装された I C チップ実装用基板と、所定の位

置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

また、第三群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、

- 5 光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

さらに、封止樹脂層が形成されている場合には、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和する役目を

- 10 果たすことができ、また、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなるため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊して

15 いるゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることがない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

また、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

- 20 従って、第三群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスは、上記したように、所定の位置に受光素子および発光素子の実装されたＩＣチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

また、第四群の本発明の第一の発明の光通信用デバイスにおいて、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている場合には、

光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

- さらに、封止樹脂層が形成されている場合には、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなるため、光通信用デバイスとしての信頼性により優れることとなる。

- 第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊していることゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることがない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

- また、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、第四群の本発明の第二の発明の光通信用デバイスの製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造することができる。

- 第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板は、上述したように、該ＩＣチップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、光学素子と上記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が配設されているため、上記光導波路および上記光信号伝送用光路を介して、上記光学素子の入出力信号を伝送することができる。また、該基板にＩＣチップを実装した場合、ＩＣチップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れる。

また、ＩＣチップを実装した本発明のＩＣチップ実装用基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

また、第五群の本発明の第一の発明のＩＣチップ実装用基板において、光学素

子が表面実装されている場合は、製造時の熱処理に起因する位置ずれが発生することがなく、加えて、一の光学素子に不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えればよく、経済的に有利である。

- 第五群の本発明の第二および第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法で
- 5 は、ＩＣチップ実装用基板の内部に光導波路を形成するとともに、導体回路積層体と溶剤レジスト層とに連通した開口を形成する。この連通した開口は、光信号伝送用光路としての役割を果たすことができ、そのため、第五群の本発明の第二および第三の発明のＩＣチップ実装用基板の製造方法で製造したＩＣチップ実装用基板は、光学素子を実装した際に、該光学素子と光導波路との間で光信号
- 10 伝送用光路を介して光信号の伝送を好適に行うことができる。

請求の範囲

1. 基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子の実装された I C チップ実装用基板

5 であって、

前記 I C チップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されていることを特徴とする I C チップ実装用基板。

2. 前記光信号伝送用光路は、空隙により構成されている請求の範囲 1 に記載
10 の I C チップ実装用基板。

3. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙により構成されている請求の範囲 1 に記載の I C チップ実装用基板。

15 4. 前記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されている請求の範囲 1 に記載の I C チップ実装用基板。

5. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されている請求の範囲 1 に記載の I C チップ実装用基板。

20

6. 前記光学素子の実装位置は、I C チップ実装用基板の表面である請求の範囲 1 ～ 5 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

7. 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求の範囲 6 に
25 記載の I C チップ実装用基板。

8. 前記 I C チップ実装用基板の表面には、電子部品が実装されている請求の範囲 1 ～ 7 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

9. 前記光信号伝送用光路の端部には、マイクロレンズが配設されている請求の範囲1～8のいずれか1に記載のICチップ実装用基板。

10. 前記光信号伝送用光路の断面の径は、100～500 μ mである請求の範囲1～9のいずれか1に記載のICチップ実装用基板。

11. 前記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、前記層間絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されている請求の範囲1～10のいずれか1に記載のICチップ実装用基板。

10

12. (a) 基板の両面に導体回路と層間絶縁層とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、

(b) 前記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、

(c) 前記(b)の工程で形成した貫通孔に連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程とを含むことを特徴とするICチップ実装用基板の製造方法。

15

13. 前記(b)の工程で形成した貫通孔の壁面を粗化面にする粗化面形成工程を含む請求の範囲12に記載のICチップ実装用基板の製造方法。

20

14. 前記(b)の工程で形成した貫通孔の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を含む請求の範囲12または13に記載のICチップ実装用基板の製造方法。

25

15. 前記(b)の工程で形成した貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を含む請求の範囲12～14のいずれか1に記載のICチップ実装用基板の製造方法。

16. 前記(c)の工程で形成した開口の端部にマイクロレンズを配設するマ

マイクロレンズ配設工程を含む請求の範囲 12～15 のいずれか 1 に記載の IC チップ実装用基板の製造方法。

17. ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

前記 ICチップ実装用基板には、該 ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

18. ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

前記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、

前記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

19. ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

前記 ICチップ実装用基板には、該 ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されており、

前記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成されており、

20 前記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

20. 前記光信号伝送用光路は、空隙により構成されている請求の範囲 17～19 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

25

21. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙により構成されている請求の範囲 17～19 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

22. 前記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されて

いる請求の範囲 1 7～1 9 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

2 3. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙とこれらの周囲の導体層とにより構成されている請求の範囲 1 7～1 9 のいずれか 1 に記載の光通信用
5 デバイス。

2 4. 前記光信号伝送用光路の端部には、マイクロレンズが配設されている請求の範囲 1. 7～2 3 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

10 2 5. 前記光信号伝送用光路の断面の径は、1 0 0～5 0 0 μ mである請求の範囲 1 7～2 4 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

2 6. 前記 I Cチップ実装用基板には、光学素子が実装されており、
前記光学素子の実装位置は、I Cチップ実装用基板の表面である請求の範囲 1
15 7～2 5 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

2 7. 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求の範囲 2 6 に記載の光通信用デバイス。

20 2 8. 前記 I Cチップ実装用基板は、導体回路、層間絶縁層および前記層間絶縁層を挟んだ導体回路間を接続するバイアホールを含んで構成されている請求の範囲 1 7～2 7 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

2 9. 少なくとも光学素子が実装された I Cチップ実装用基板と、
25 少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、
前記光導波路と、前記光学素子とが光信号を伝達することができるよう構成されている光通信用デバイスであって、

前記 I Cチップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

30. 前記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%/mm以上である請求の範囲29に記載の光通信用デバイス。

5 31. 前記封止樹脂層には、粒子が含まれている請求の範囲29または30に記載の光通信用デバイス。

32. 前記光学素子は、受光素子および/または発光素子である請求の範囲29～31のいずれか1に記載の光通信用デバイス。

10

33. 少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

前記ICチップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

15 さらに、前記ICチップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする光通信用デバイスの製造方法。

34. 少なくとも、光学素子が実装されるとともに光路用樹脂充填層が形成された光学素子実装用領域を有するICチップ実装用基板と、

20 少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、

前記光導波路と前記光学素子とが、前記光路用樹脂充填層を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

25

35. 前記ICチップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている請求の範囲34に記載の光通信用デバイス。

36. 前記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%/mm以上である請求

の範囲 3 5 に記載の光通信用デバイス。

3 7. 前記封止樹脂層には、粒子が含まれている請求の範囲 3 5 または 3 6 に記載の光通信用デバイス。

5

3 8. 前記光路用樹脂充填層の多層プリント配線板と対向する面に、少なくとも 1 つのマイクロレンズが配設されている請求の範囲 3 4 ~ 3 7 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

10 3 9. 前記光路用樹脂充填層の多層プリント配線板と対向する面に少なくとも 1 つのマイクロレンズが配設され、前記マイクロレンズの屈折率が、前記封止樹脂層の屈折率よりも大きい請求の範囲 3 5 ~ 3 7 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

15 4 0. 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求の範囲 3 4 ~ 3 9 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

4 1. 少なくとも、光学素子が実装されるとともに光路用樹脂充填層が形成された光学素子実装用領域を有する I C チップ実装用基板と、少なくとも光導波路
20 が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

前記 I C チップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、前記 I C チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成すること
25 とを特徴とする光通信用デバイスの製造方法。

4 2. 光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、

少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなる光通信用デバ

イスであって、

前記光導波路と、前記光学素子とが前記光信号伝送用光路を介して光信号を伝達することができるように構成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

- 5 4 3. 前記 I C チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている請求の範囲 4 2 に記載の光通信用デバイス。

4 4. 前記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が 7 0 % / mm 以上である請求の範囲 4 3 に記載の光通信用デバイス。

10

4 5. 前記封止樹脂層には、粒子が含まれている請求の範囲 4 3 または 4 4 に記載の光通信用デバイス。

- 15 4 6. 前記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設されている請求の範囲 4 2 ~ 4 5 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

- 20 4 7. 前記光信号伝送用光路の少なくとも多層プリント配線板側の端部にマイクロレンズが配設され、前記マイクロレンズの屈折率が前記封止樹脂層の屈折率よりも大きい請求の範囲 4 3 ~ 4 5 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

4 8. 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求の範囲 4 2 ~ 4 7 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

- 25 4 9. 前記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されている請求の範囲 4 2 ~ 4 8 のいずれか 1 に記載の光通信用デバイス。

5 0. 光信号伝送用光路が形成されるとともに、一の面に光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線

板とを別々に製造した後、

前記 I C チップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

- さらに、前記 I C チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする光通信用デバイスの製造方法。

- 5 1. 基板の両面に導体回路と層間絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装された I C チップ実装用基板であって、

前記 I C チップ実装用基板の内部に光導波路が形成されるとともに、

前記光学素子と前記光導波路とを接続する光信号伝送用光路が形成されたことを特徴とする I C チップ実装用基板。

- 15 5 2. 前記光導波路は、有機系光導波路である請求の範囲 5 1 に記載の I C チップ実装用基板。

5 3. 前記光信号伝送用光路は、空隙により構成されている請求の範囲 5 1 または 5 2 に記載の I C チップ実装用基板。

20

5 4. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙により構成されている請求の範囲 5 1 または 5 2 に記載の I C チップ実装用基板。

- 5 5. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物により構成されている請求の範囲 5 1 または 5 2 に記載の I C チップ実装用基板。

5 6. 前記光信号伝送用光路は、空隙とその周囲の導体層とにより構成されている請求の範囲 5 1 または 5 2 に記載の I C チップ実装用基板。

5 7. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙とその周囲の導体層とにより構成されている請求の範囲 5 1 または 5 2 に記載の I C チップ実装用基板。

5 5 8. 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物とその周囲の導体層とにより構成されている請求の範囲 5 1 または 5 2 に記載の I C チップ実装用基板。

5 9. 前記光学素子の実装位置は、I C チップ実装用基板の表面である請求の範囲 5 1 ~ 5 8 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

10 6 0. 前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求の範囲 5 9 に記載の I C チップ実装用基板。

6 1. 前記 I C チップ実装用基板の表面には、電子部品が実装されている請求の範囲 5 1 ~ 6 0 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

15

6 2. 前記光信号伝送用光路の端部、または、前記光信号伝送用光路中には、マイクロレンズが形成されている請求の範囲 5 1 ~ 6 1 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

20 6 3. 前記光信号伝送用光路の断面の径は、1 0 0 ~ 5 0 0 μ m である請求の範囲 5 1 ~ 6 2 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

6 4. 前記基板を挟んだ導体回路間がスルーホールを介して接続され、前記層間絶縁層を挟んだ導体回路間がバイアホールを介して接続されている請求の範囲 25 5 1 ~ 6 3 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板。

6 5. 基板と、光導波路と、

少なくとも下記 (a) ~ (c) の工程を経て製造する積層体とをこの順序で積層することを特徴とする I C チップ実装用基板の製造方法。

(a) 基材層上に導体回路と層間絶縁層とを順次積層し、導体回路積層体とする導体回路積層体形成工程、

(b) 前記導体回路積層体に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程、および、

- 5 (c) 前記 (b) の工程で形成した開口と連通した開口を有する溶剤レジスト層を前記導体回路積層体の片面に形成する溶剤レジスト層形成工程。

6 6. (a) 導体回路が形成された基板上に光導波路を形成する光導波路形成工程と、

- 10 (b) 前記光導波路が形成された基板上に層間絶縁層と導体回路とを順次積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、

(c) 前記多層配線板に、光信号伝送用光路となる開口を形成する開口形成工程と、

- 15 (d) 前記 (c) 工程で形成した開口と連通した開口を有する溶剤レジスト層を前記多層配線板の片面に形成する溶剤レジスト層形成工程と
を含むことを特徴とする ICチップ実装用基板の製造方法。

6 7. 前記光信号伝送用光路となる開口の壁面を粗化面にする粗化面形成工程を含む請求の範囲 6 5 または 6 6 に記載の ICチップ実装用基板の製造方法。

20

6 8. 前記光信号伝送用光路となる開口の壁面に導体層を形成する導体層形成工程を含む請求の範囲 6 5 ～ 6 7 のいずれか 1 に記載の ICチップ実装用基板の製造方法。

- 25 6 9. 前記光信号伝送用光路となる開口内に未硬化の樹脂組成物を充填する樹脂組成物充填工程を含む請求の範囲 6 5 ～ 6 8 のいずれか 1 に記載の ICチップ実装用基板の製造方法。

7 0. 前記光信号伝送用光路となる開口の端部にマイクロレンズを形成するマ

マイクロレンズ形成工程を含む請求の範囲 6 5 ～ 6 9 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板の製造方法。

- 7 1 . 前記光信号伝送用光路となる開口中にマイクロレンズを形成するマイクロレンズ形成工程を含む請求の範囲 6 5 ～ 6 9 のいずれか 1 に記載の I C チップ実装用基板の製造方法。

図3

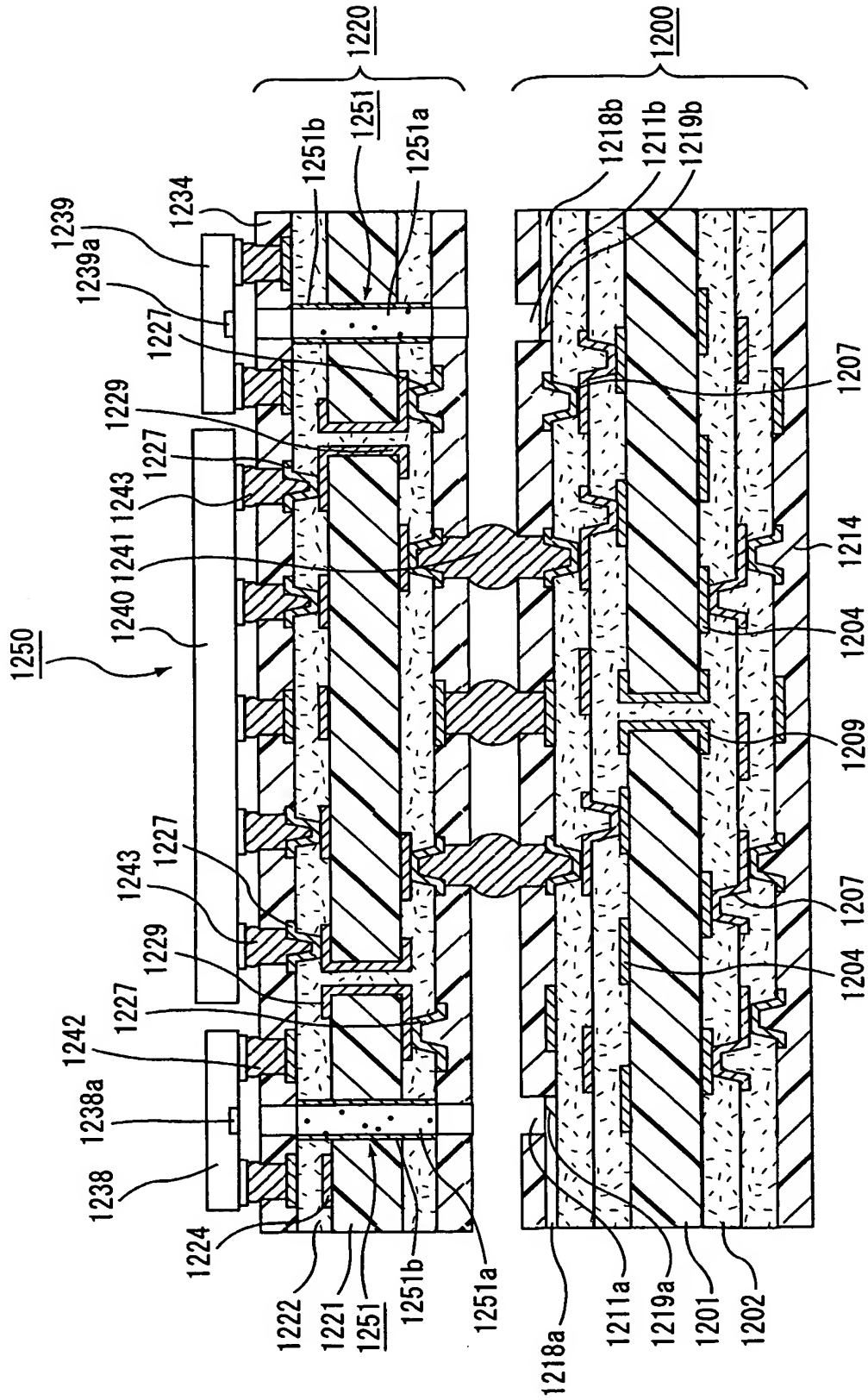


図4

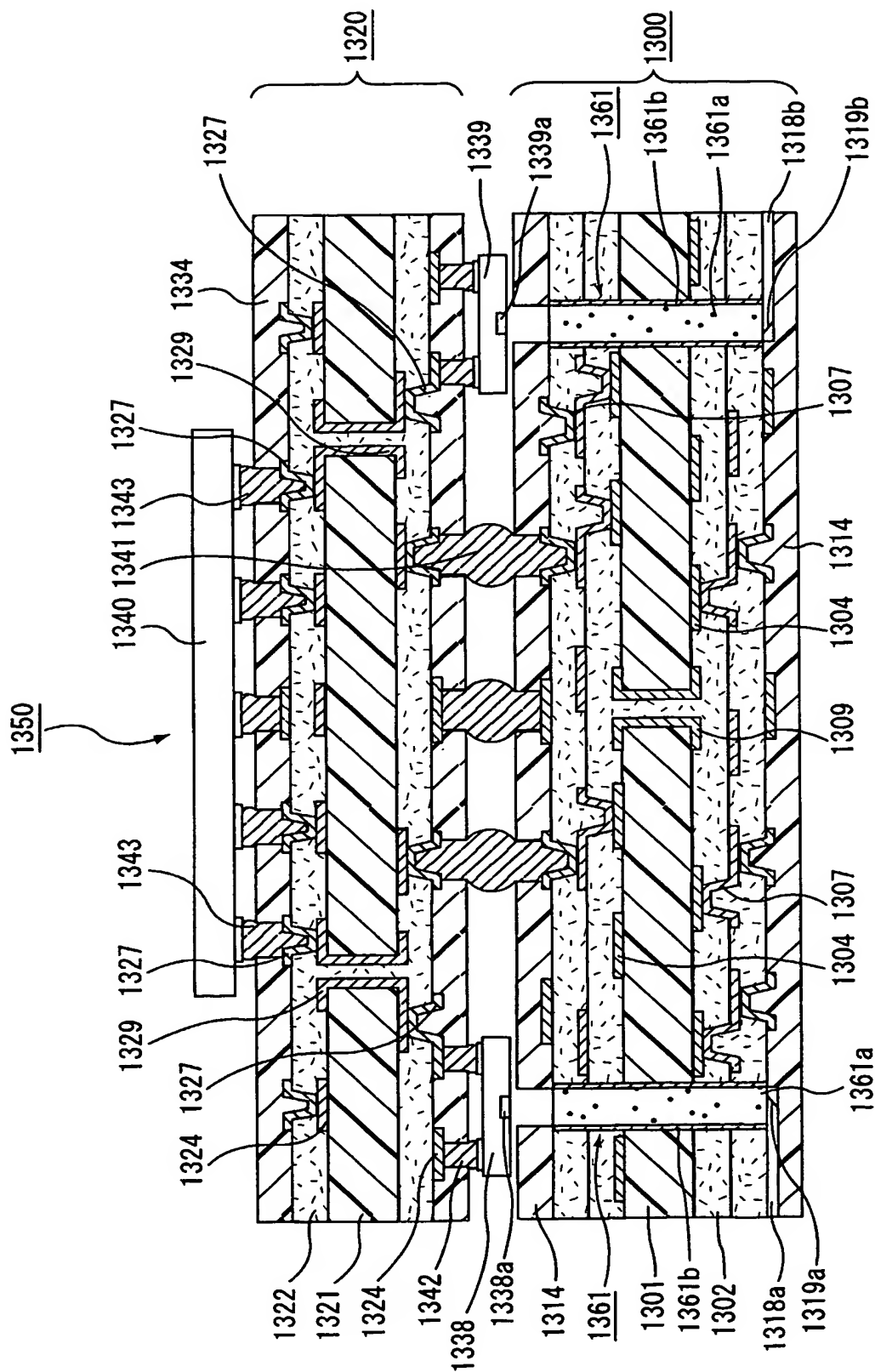


図5

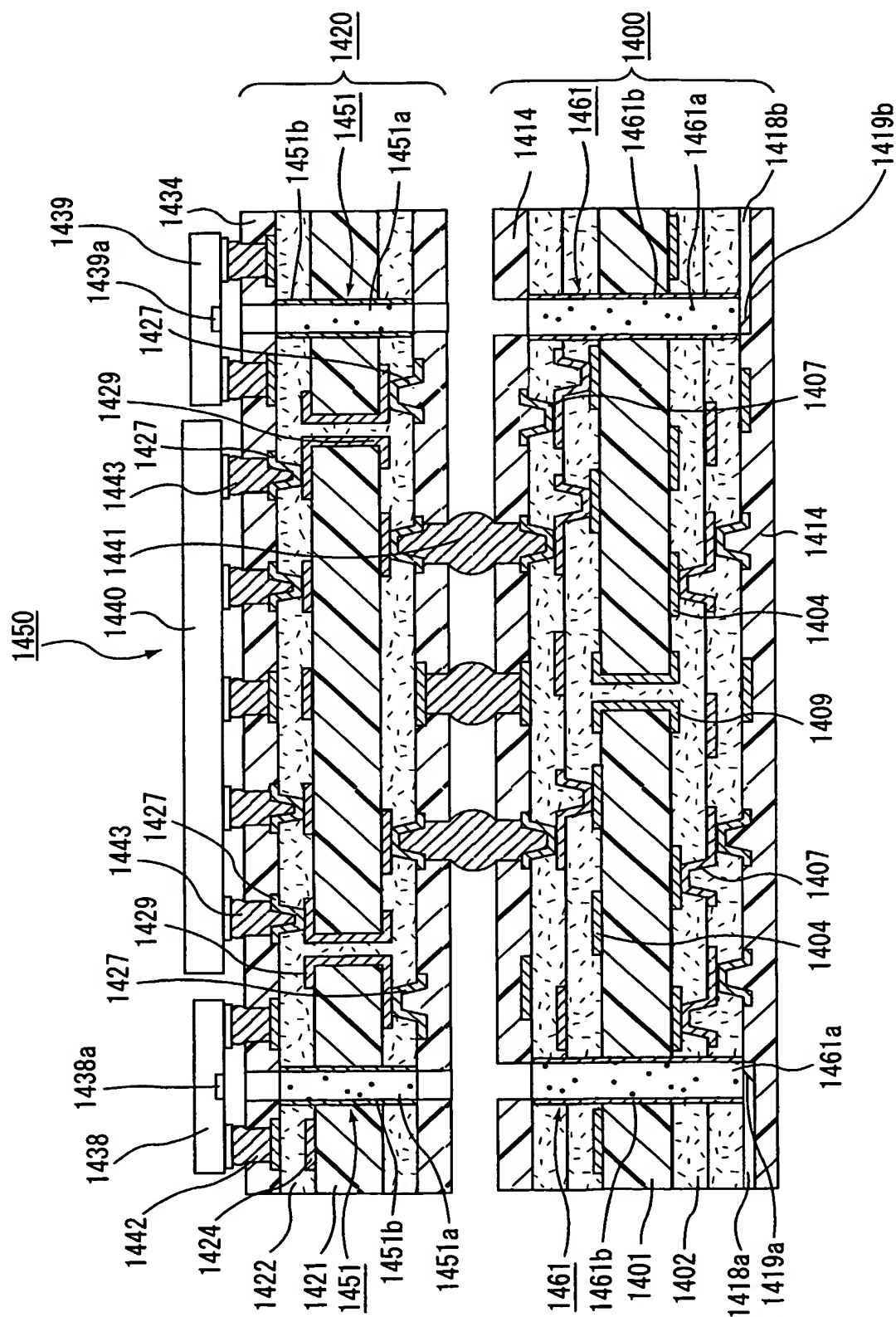


図6

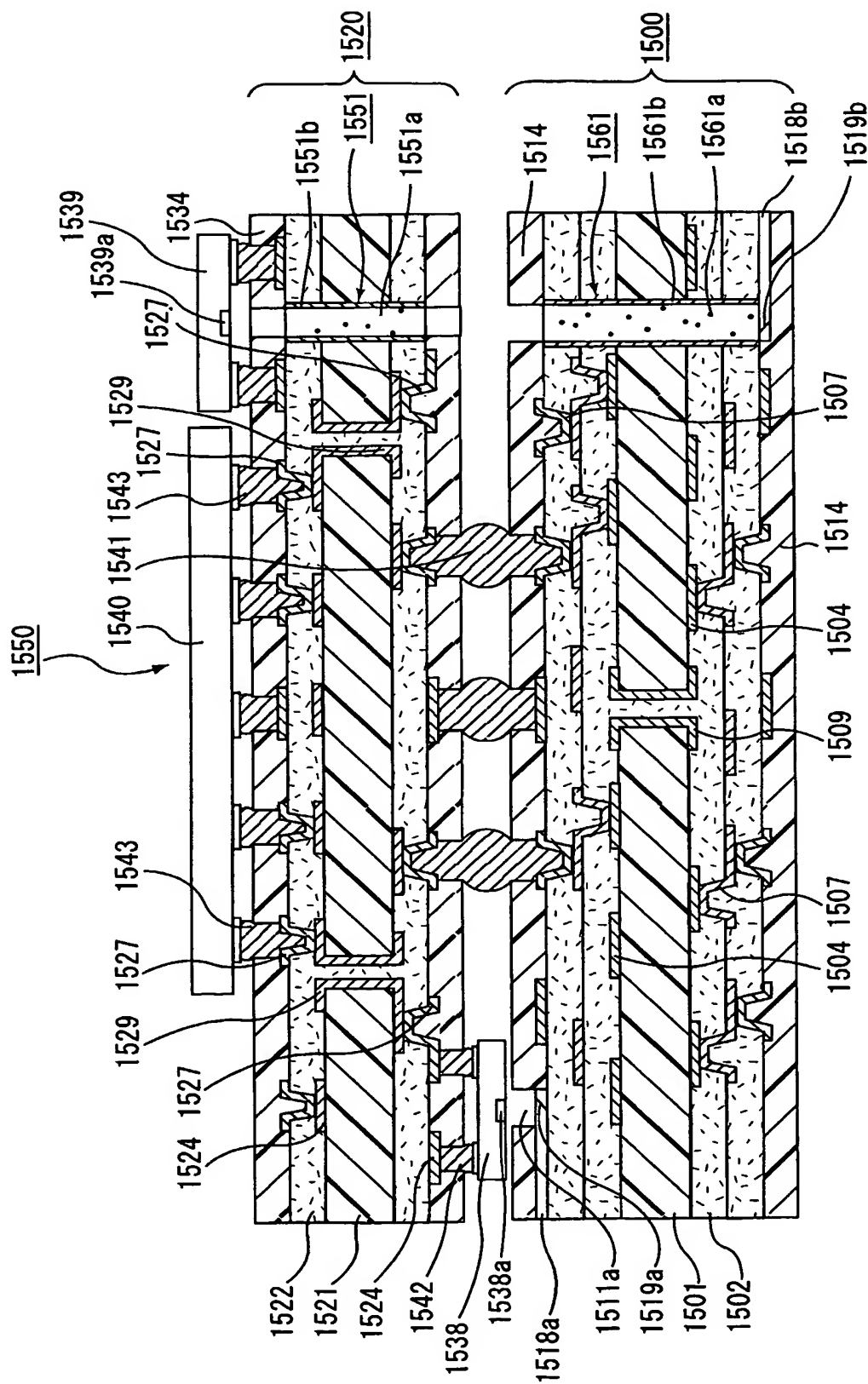
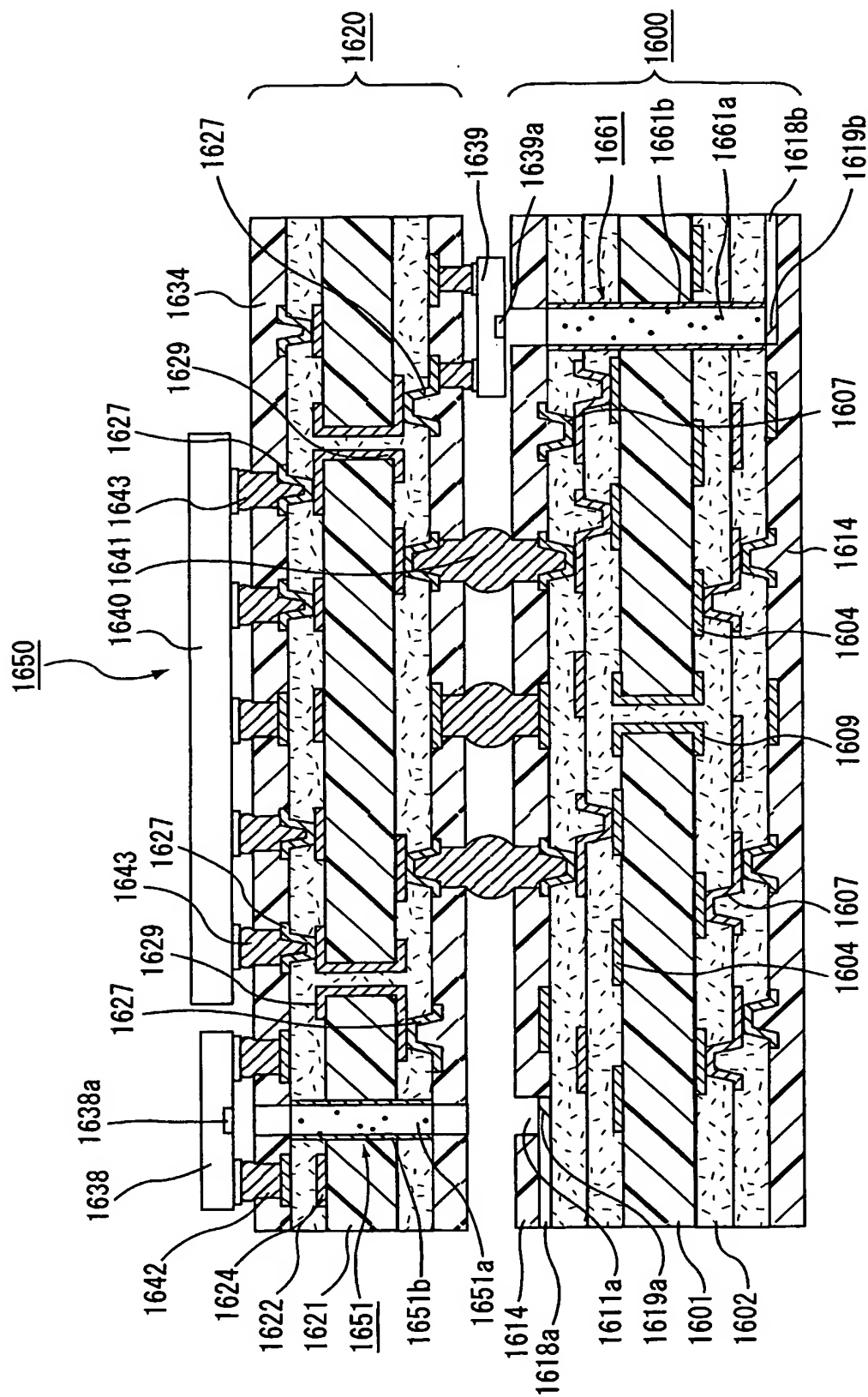
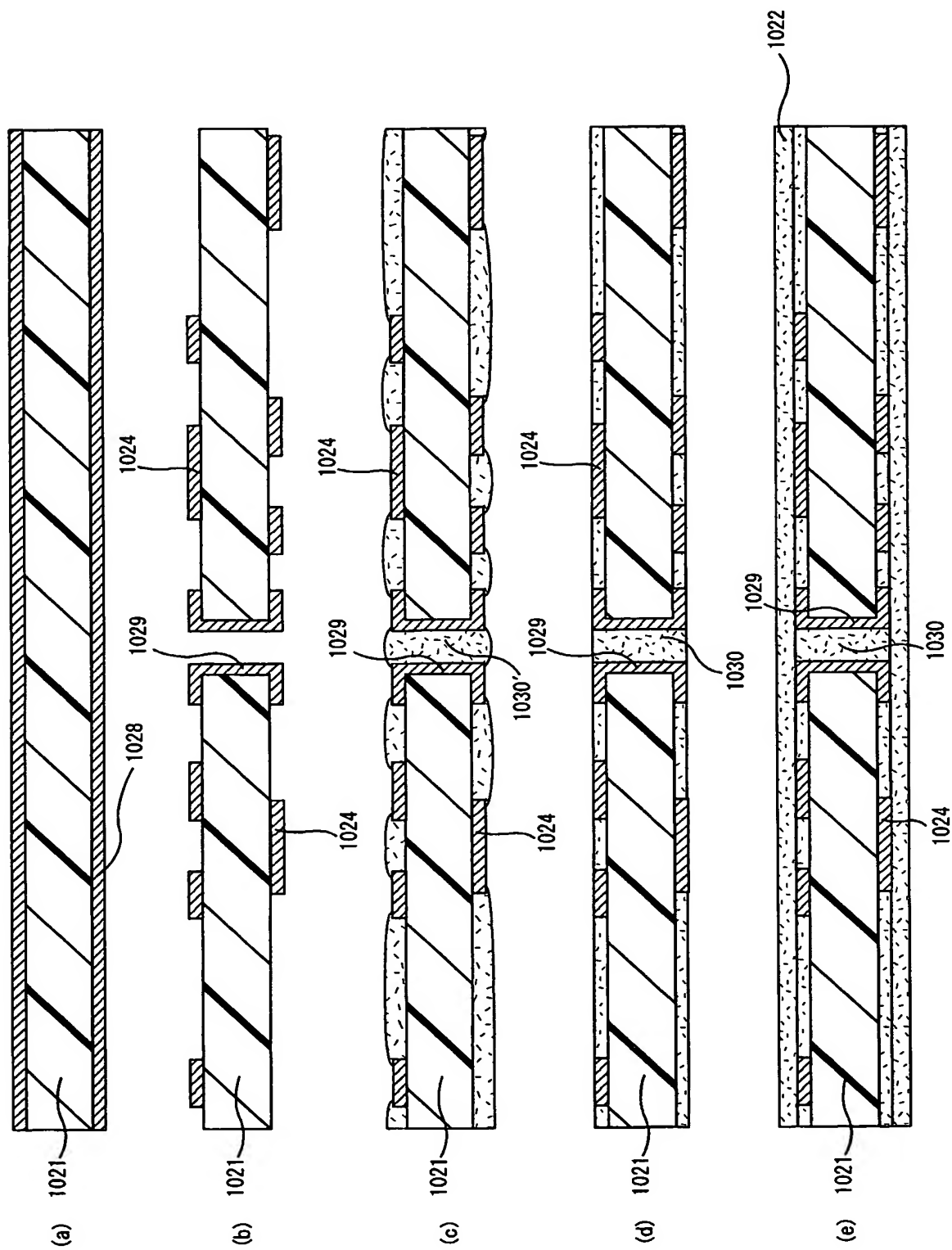


図7



8



9/79

図9

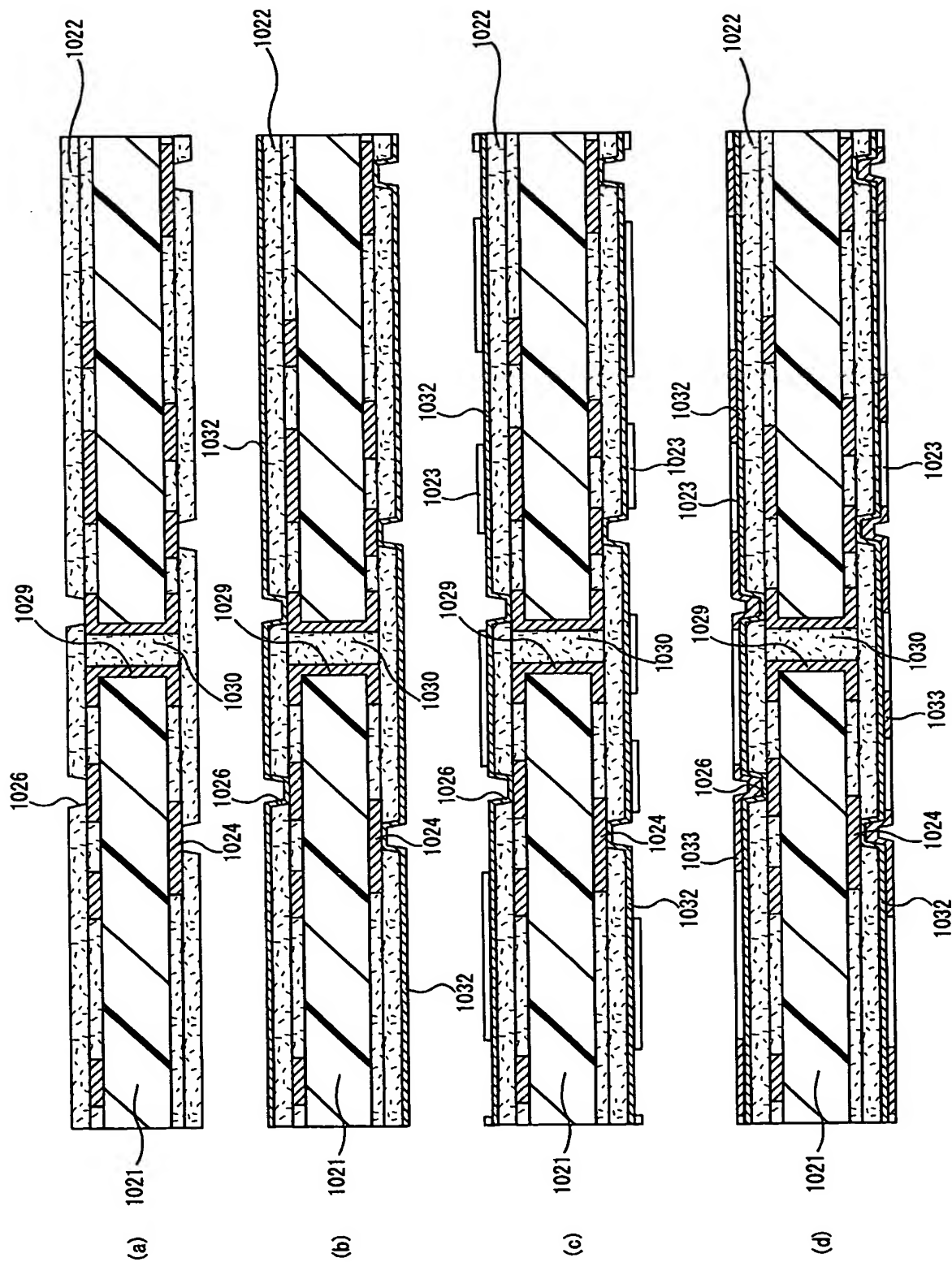


図10

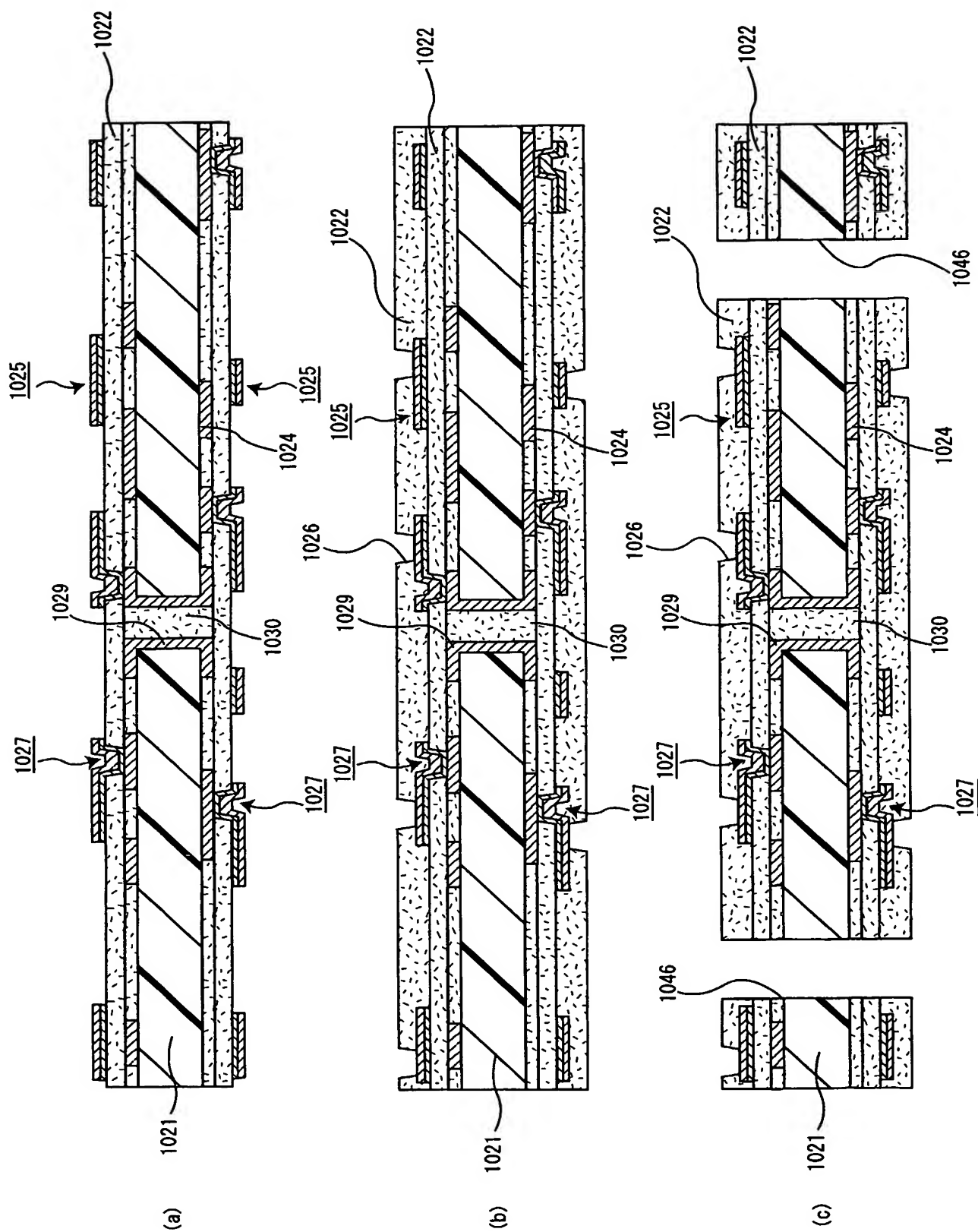
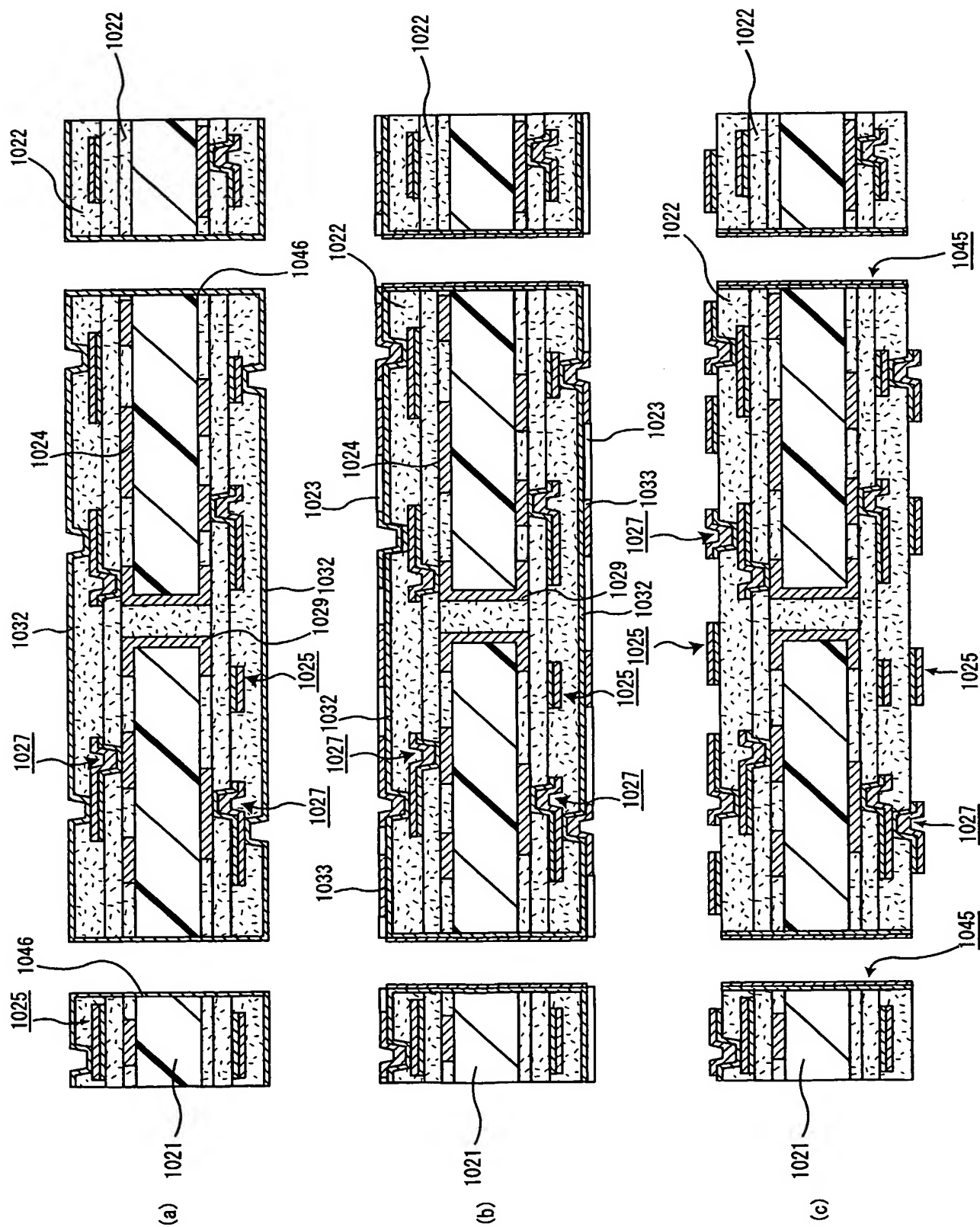


図11



12/79

図12

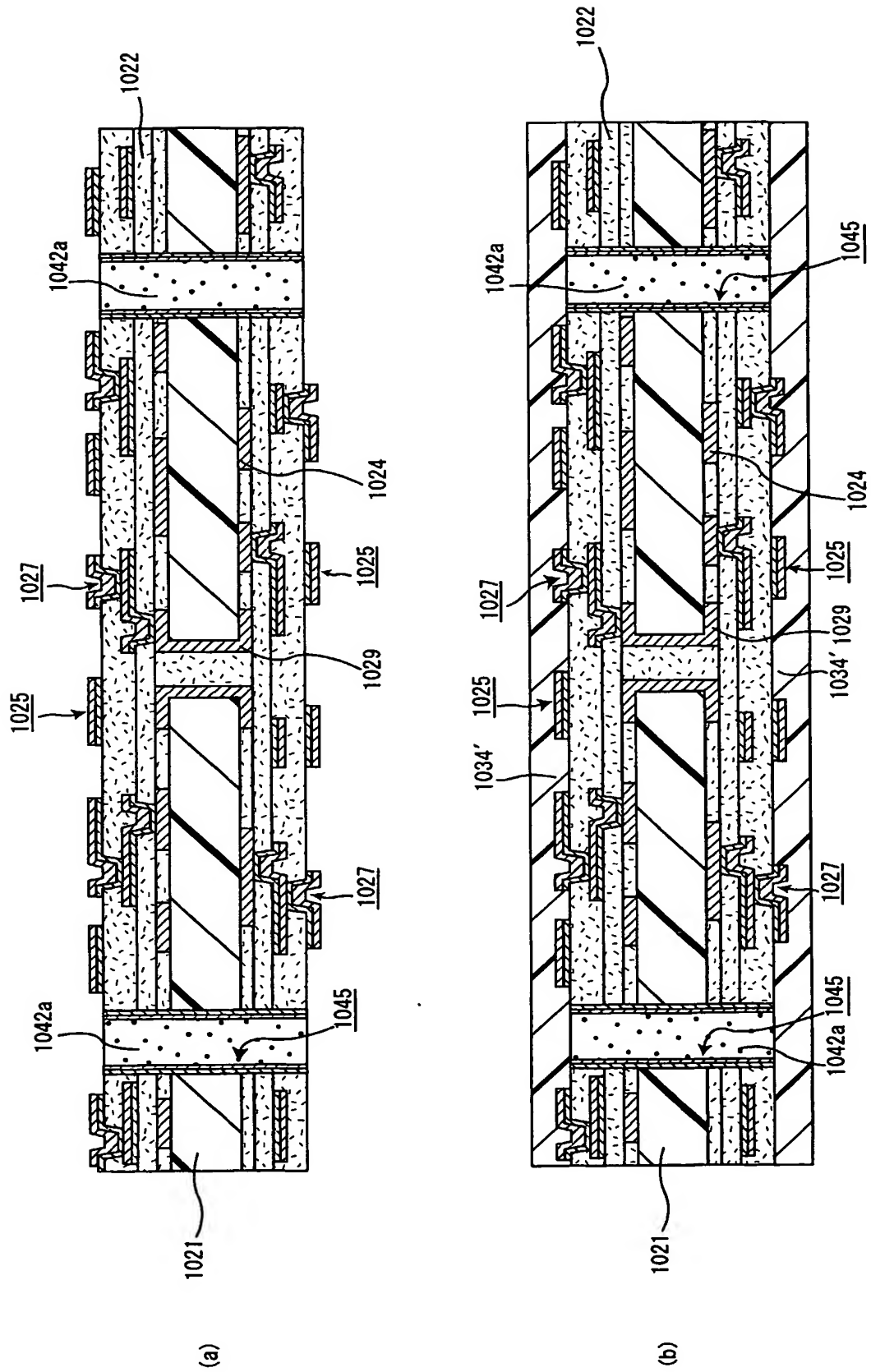


図13

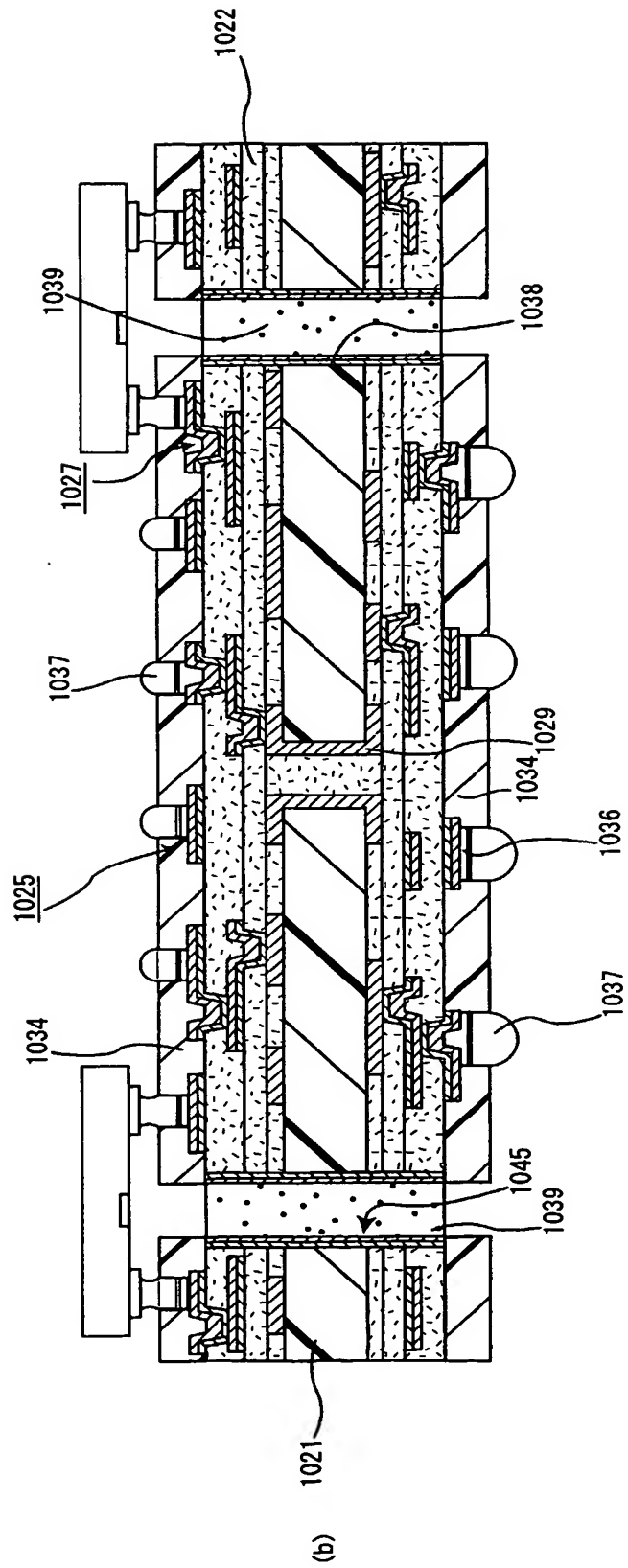
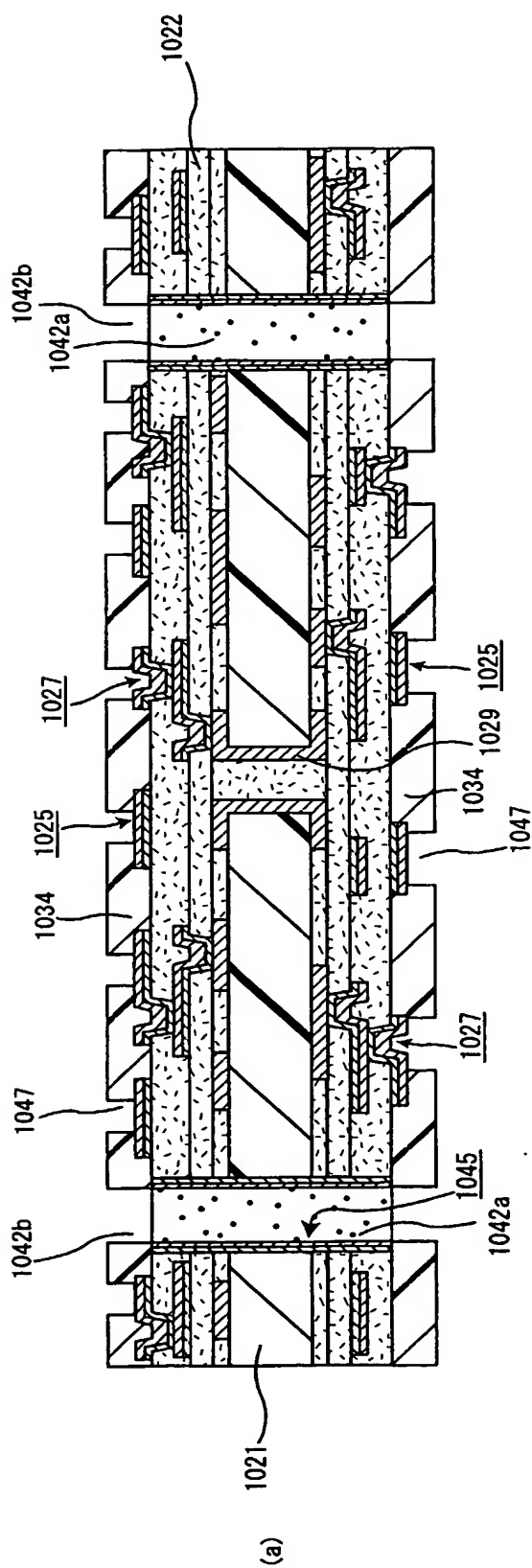


図14

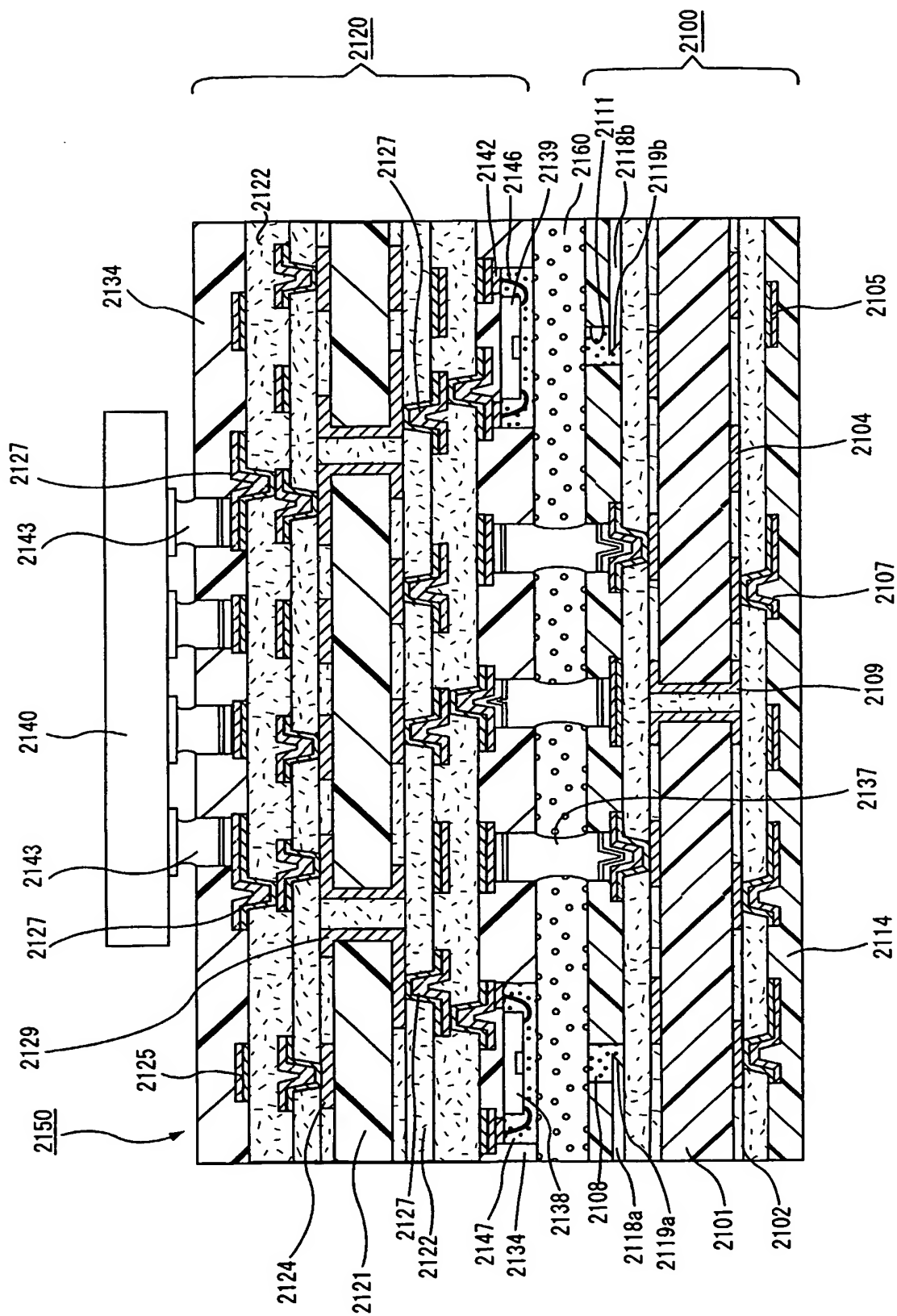
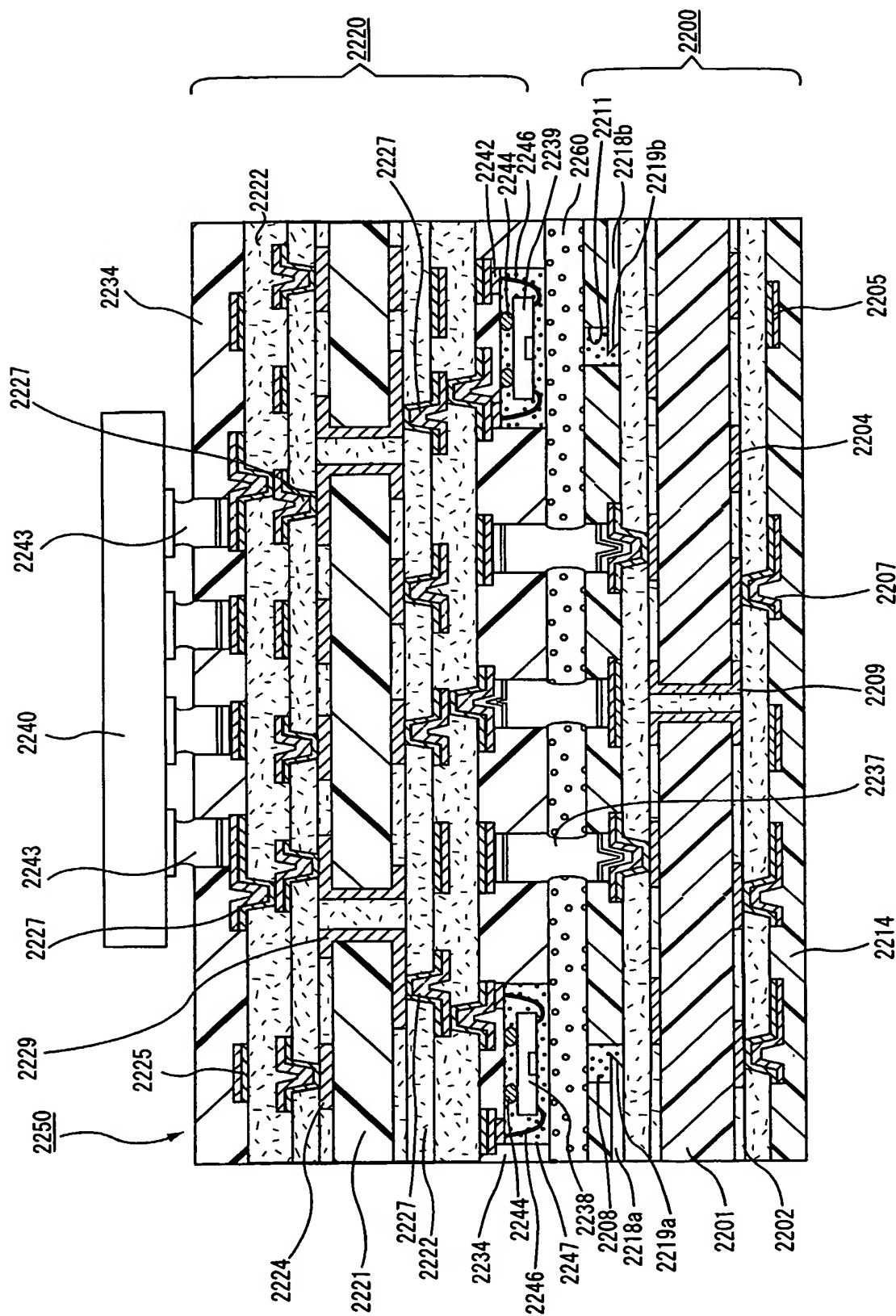


図15



17

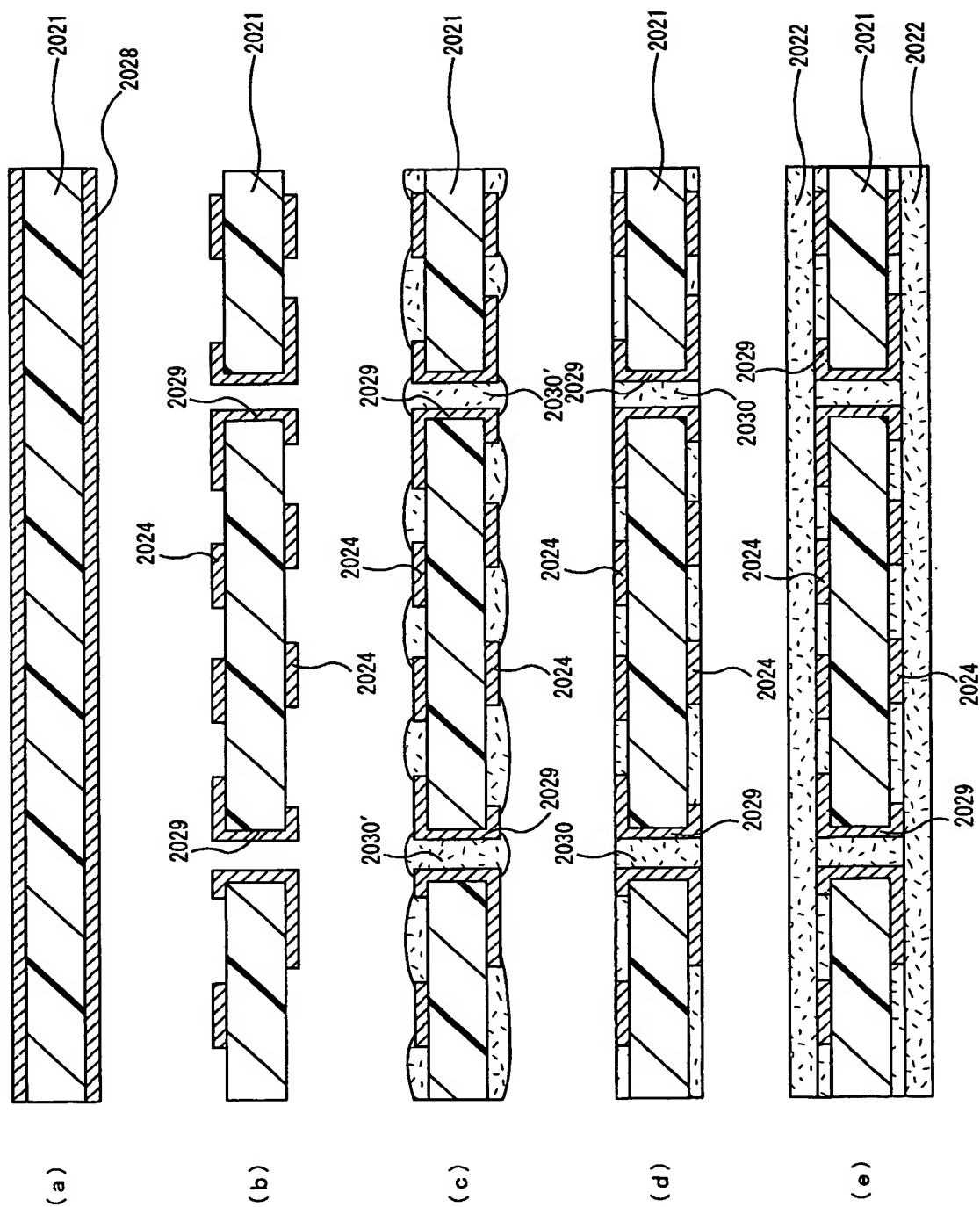


図18

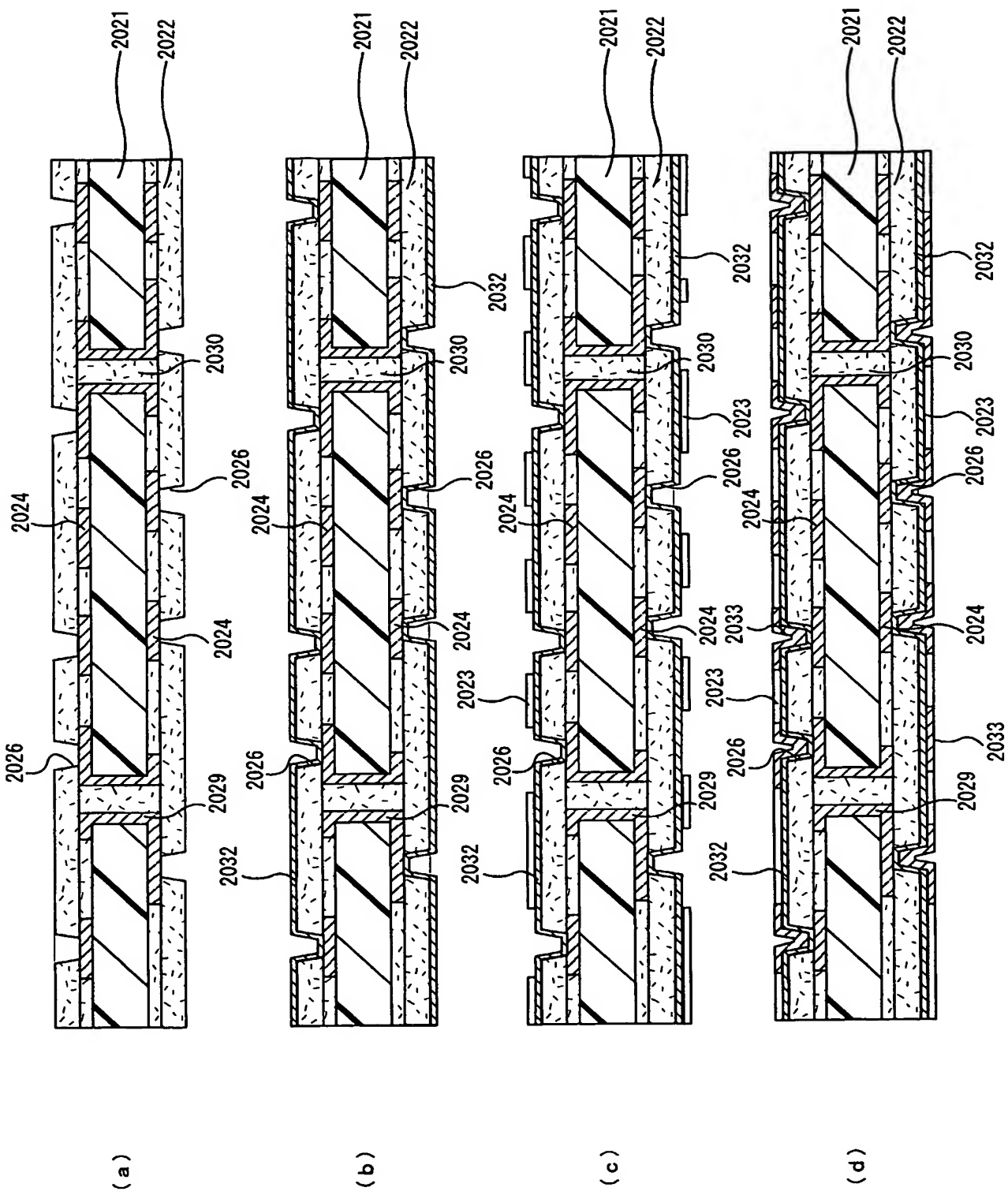


図19

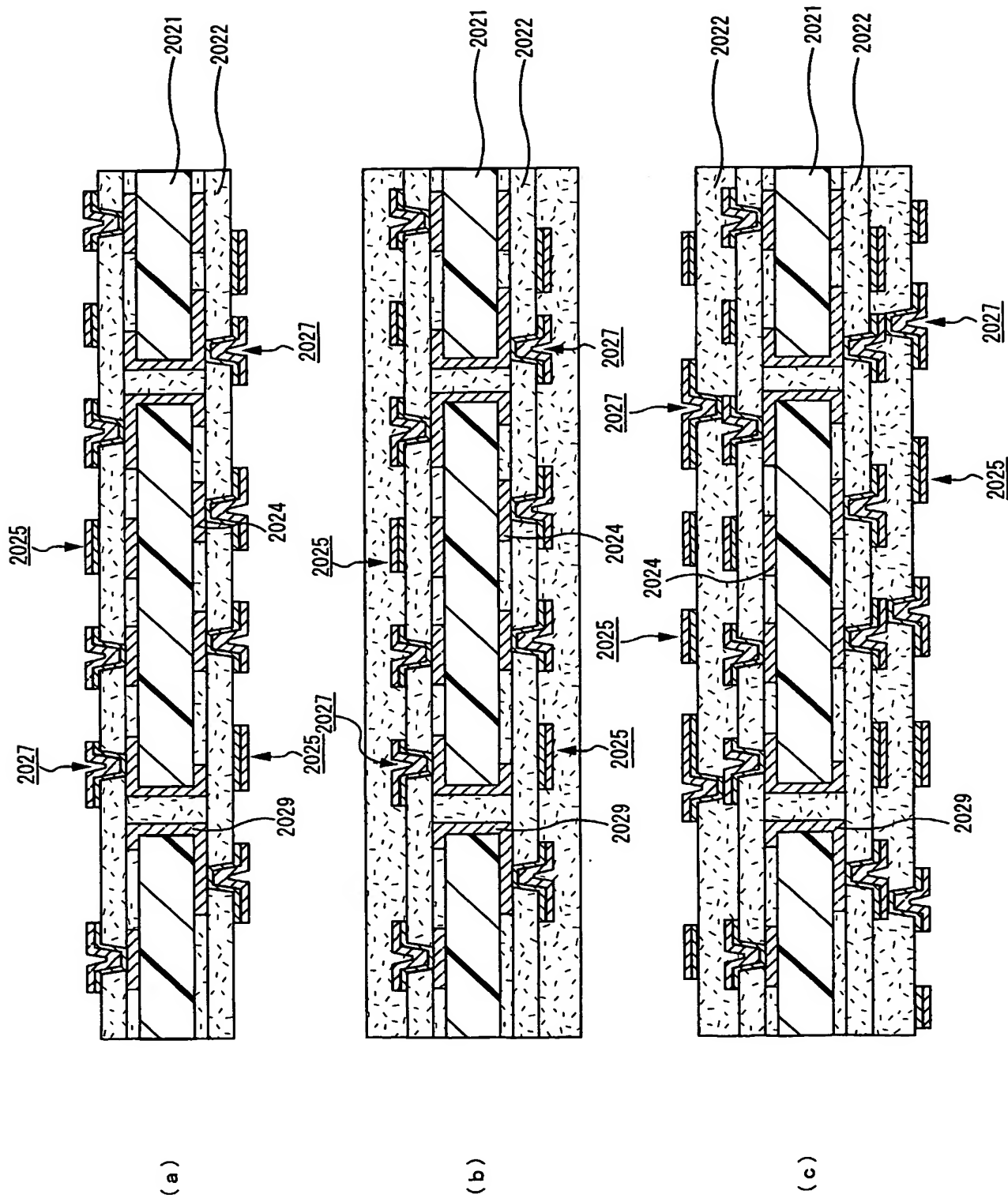
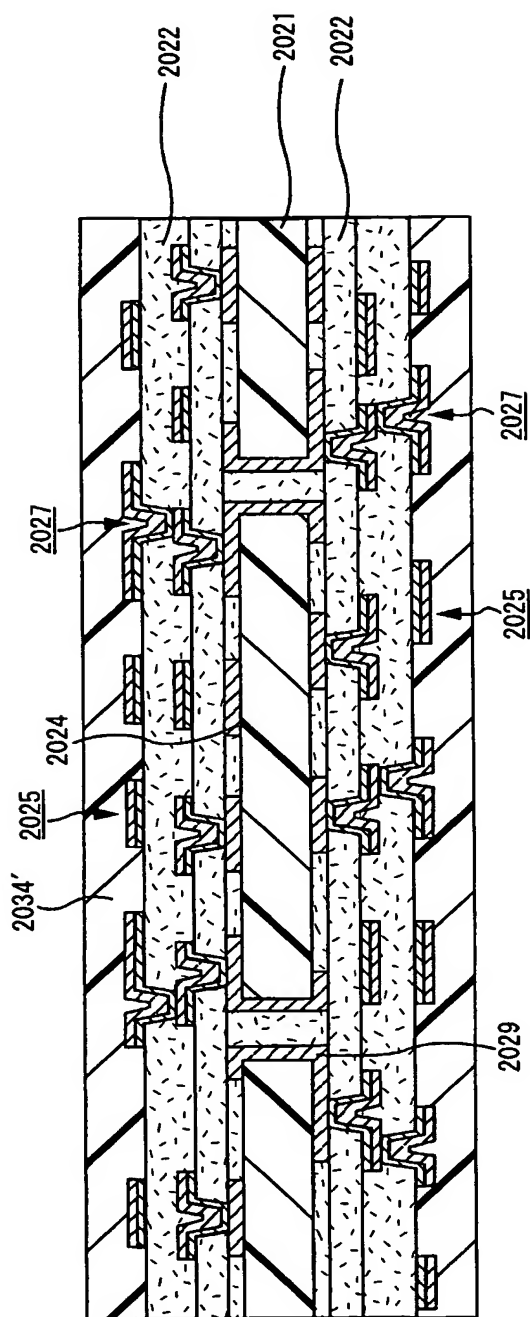
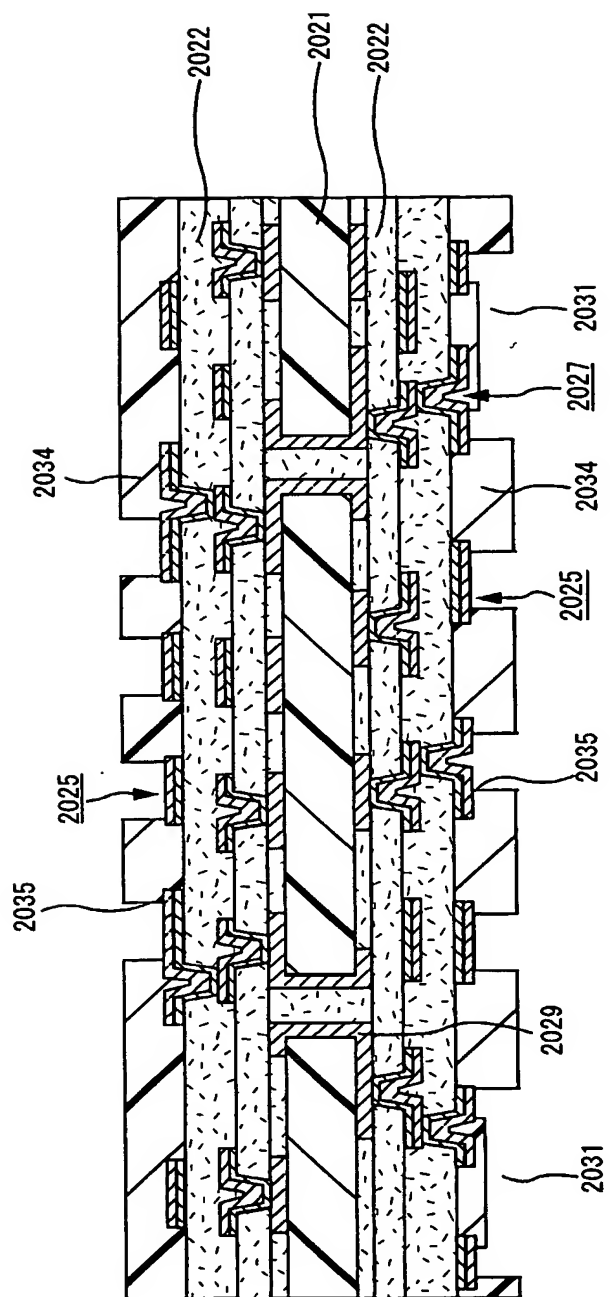


图20



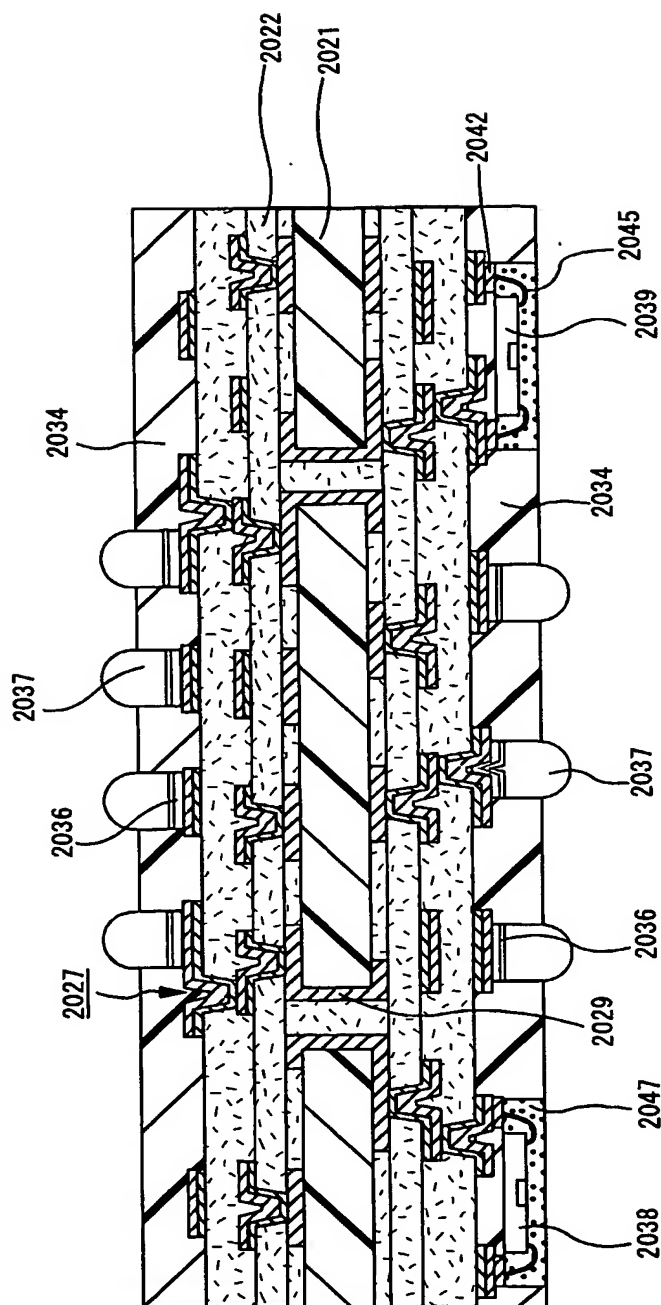
(a)



(9)

21/79

図21



22

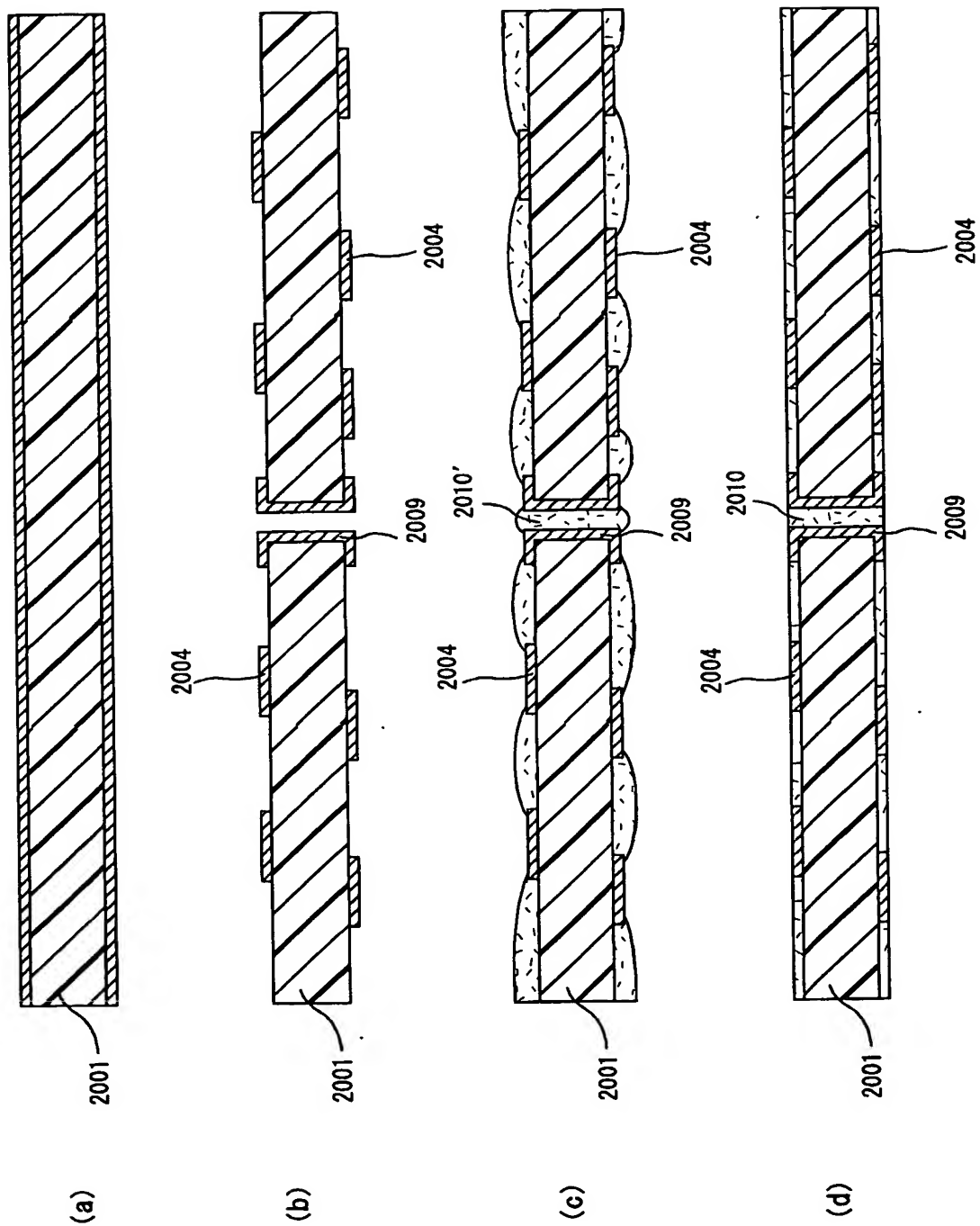


図23

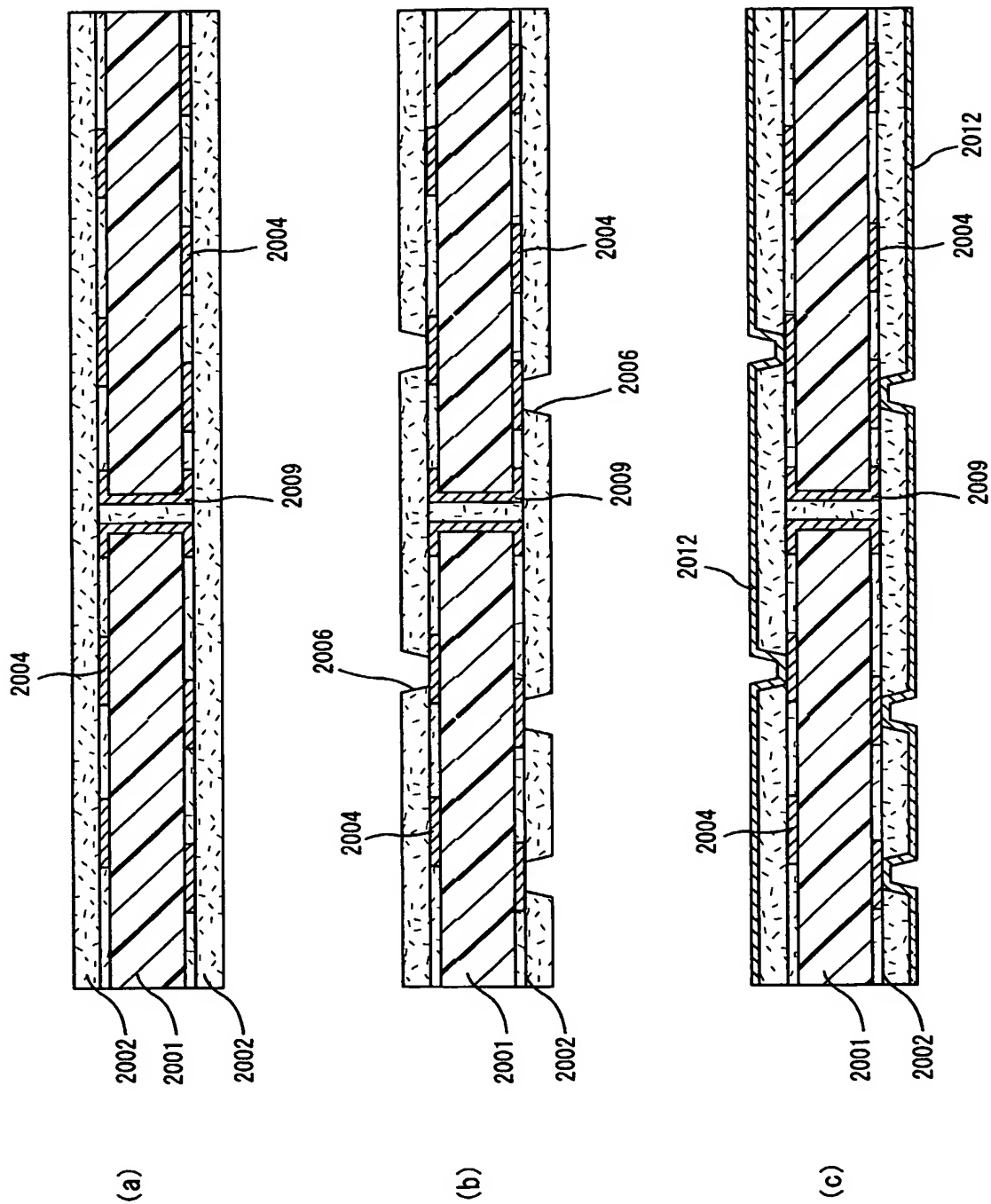


図24

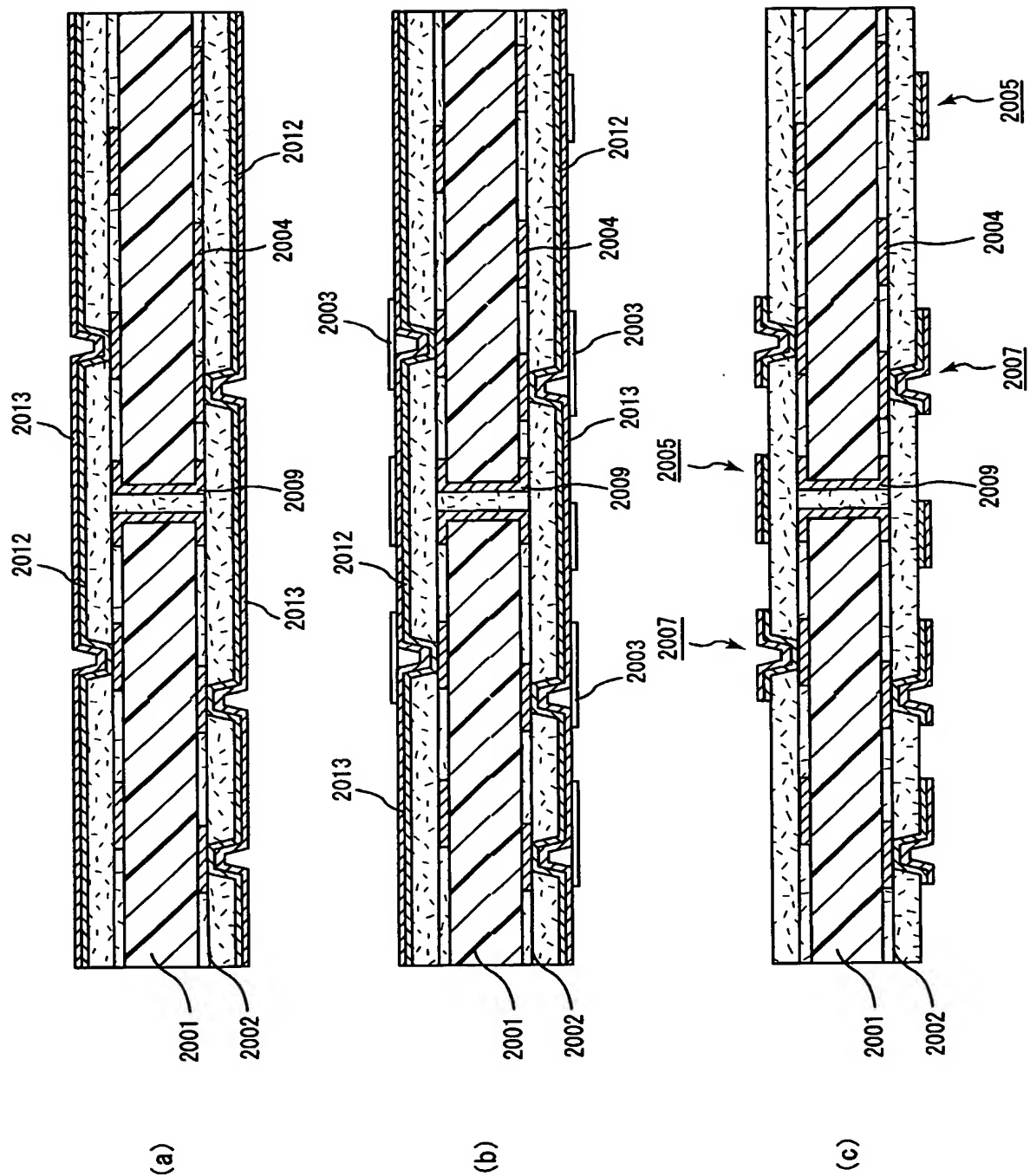


図25

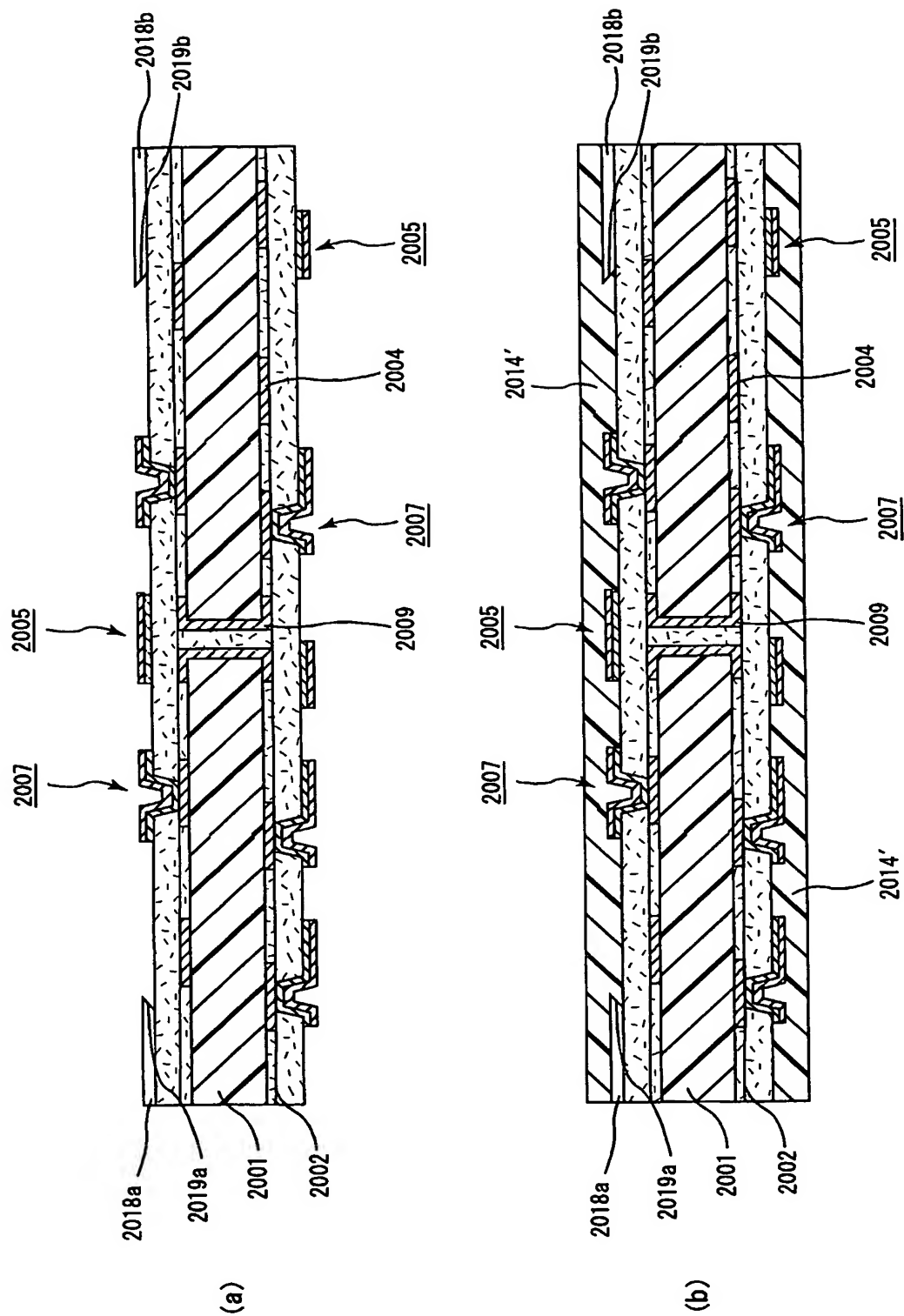
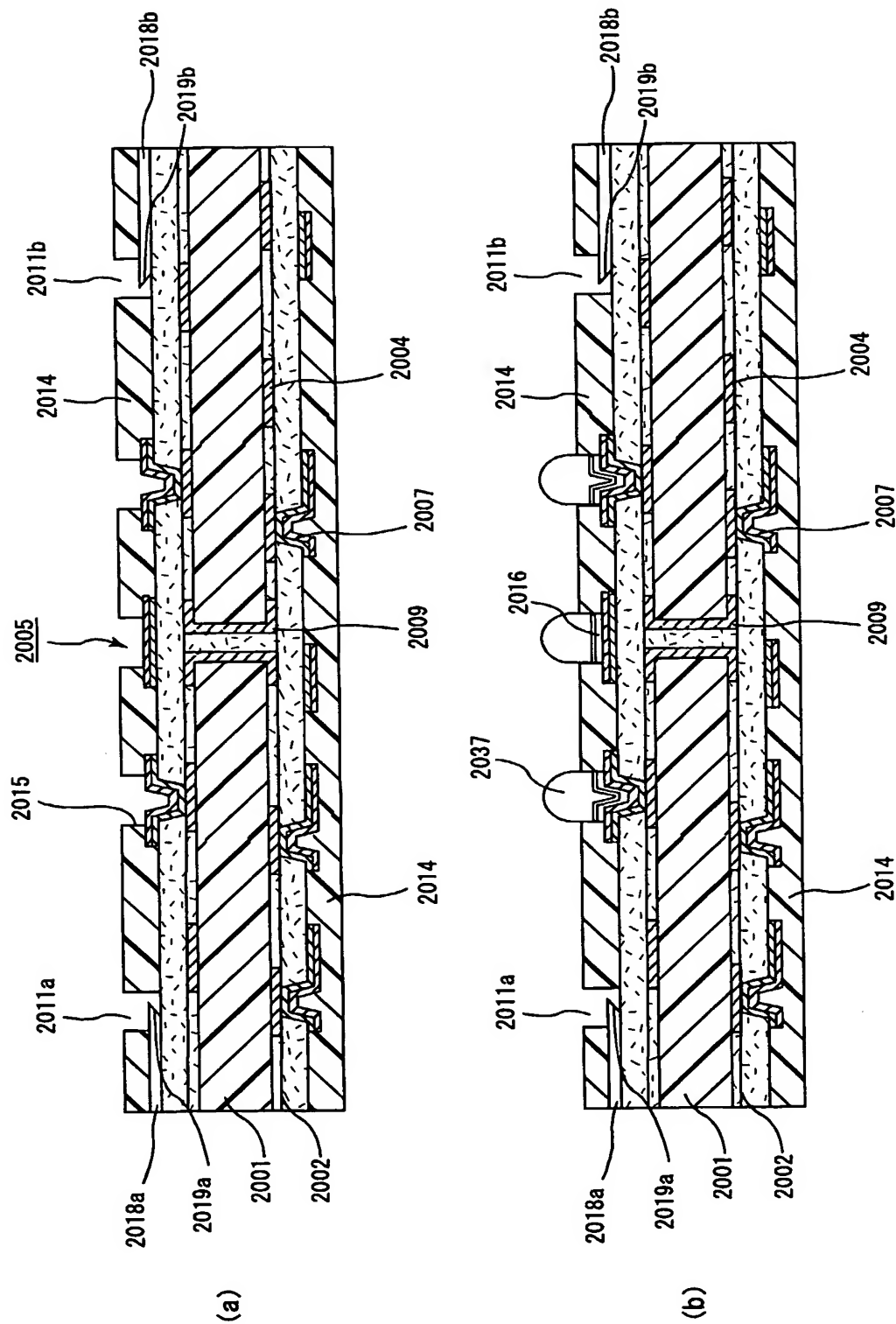


図26



27/79

図 27

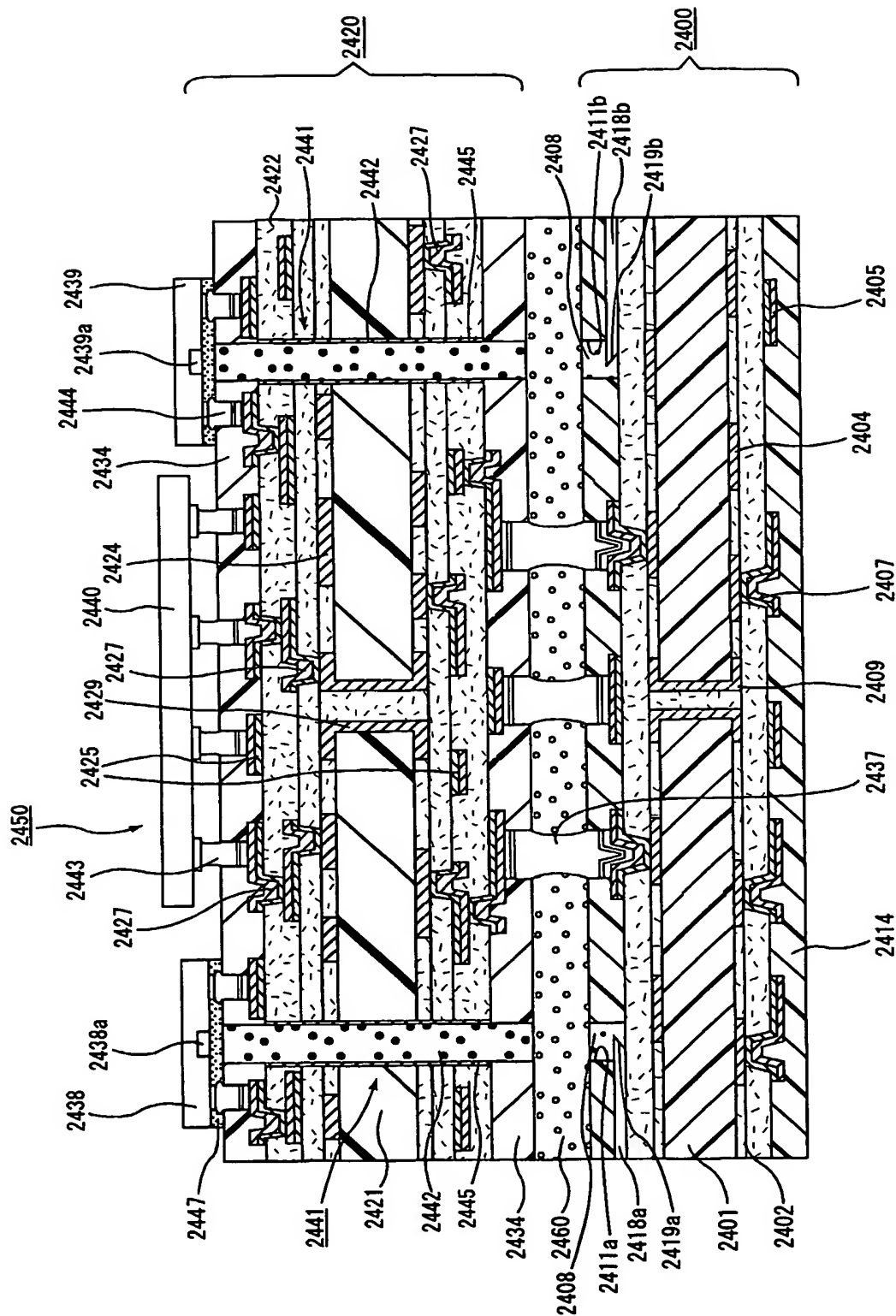
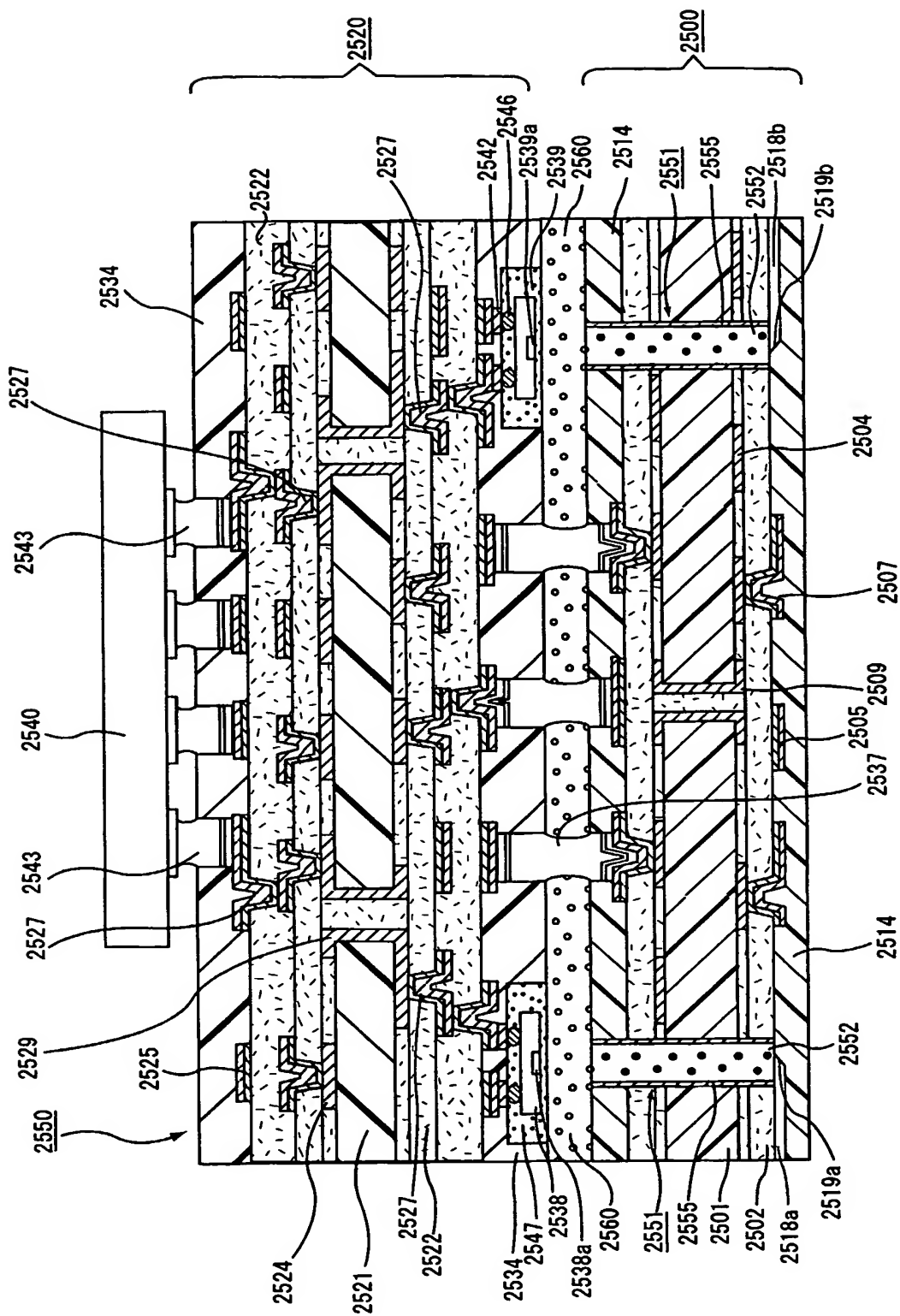


図28



29/79

29

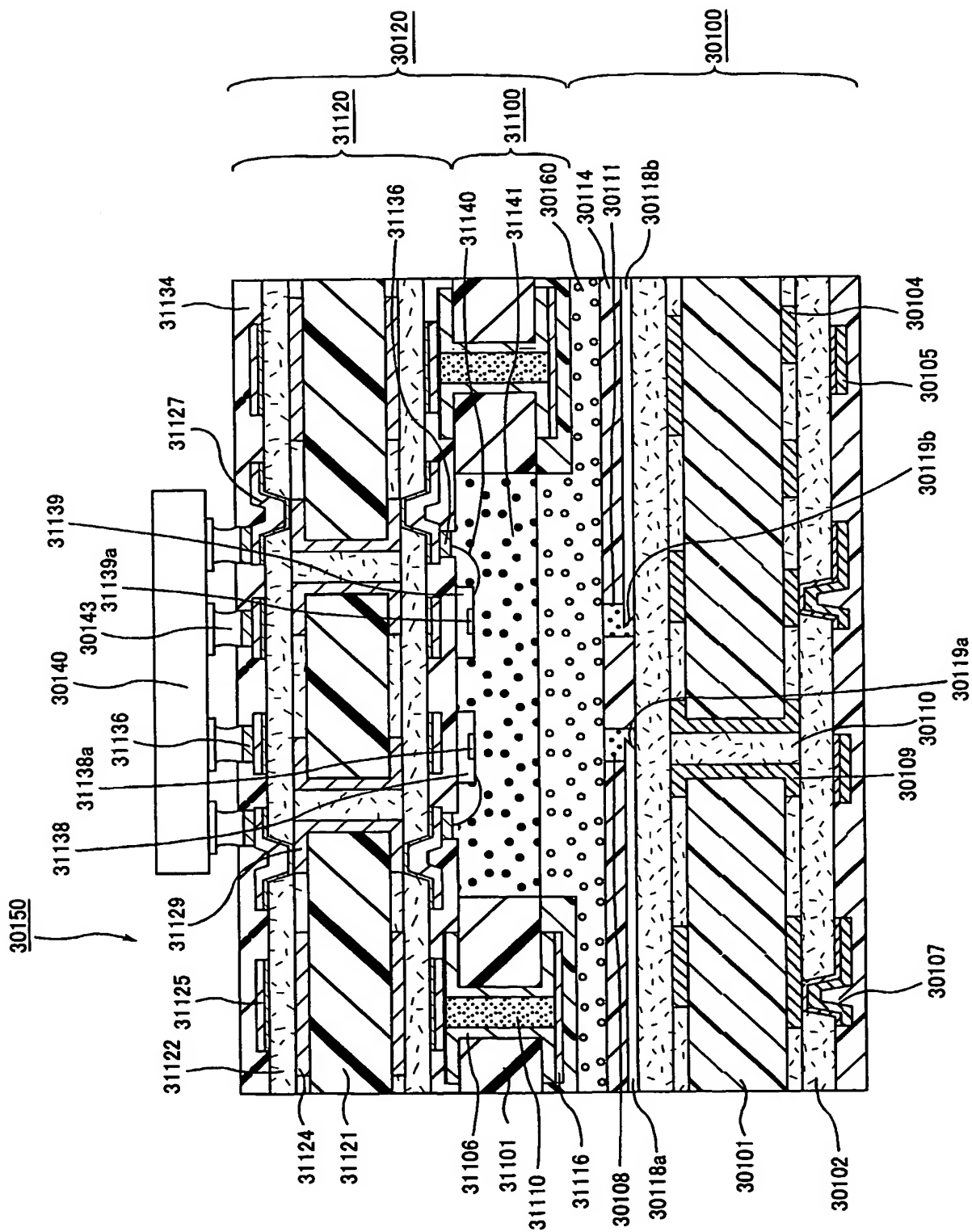
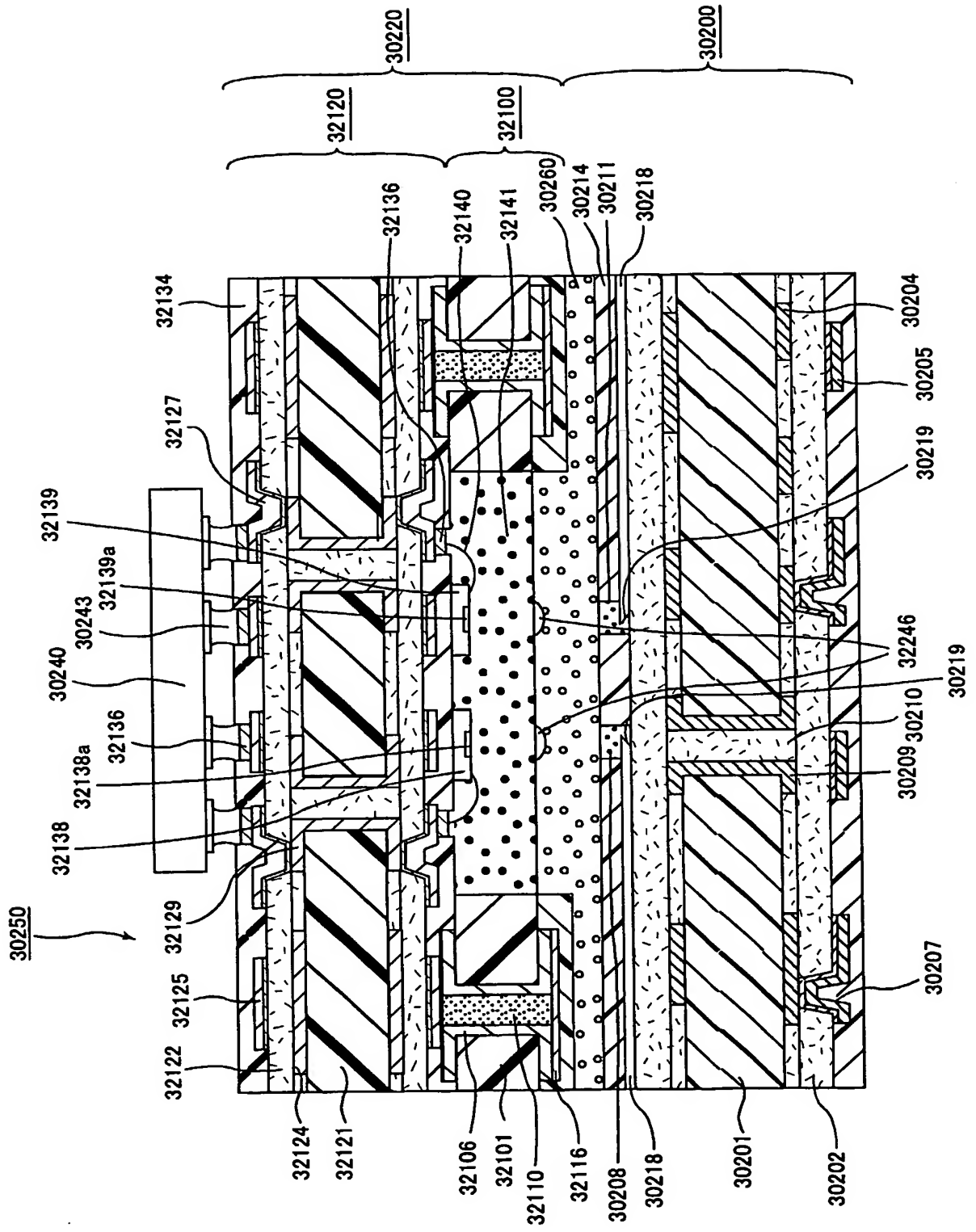
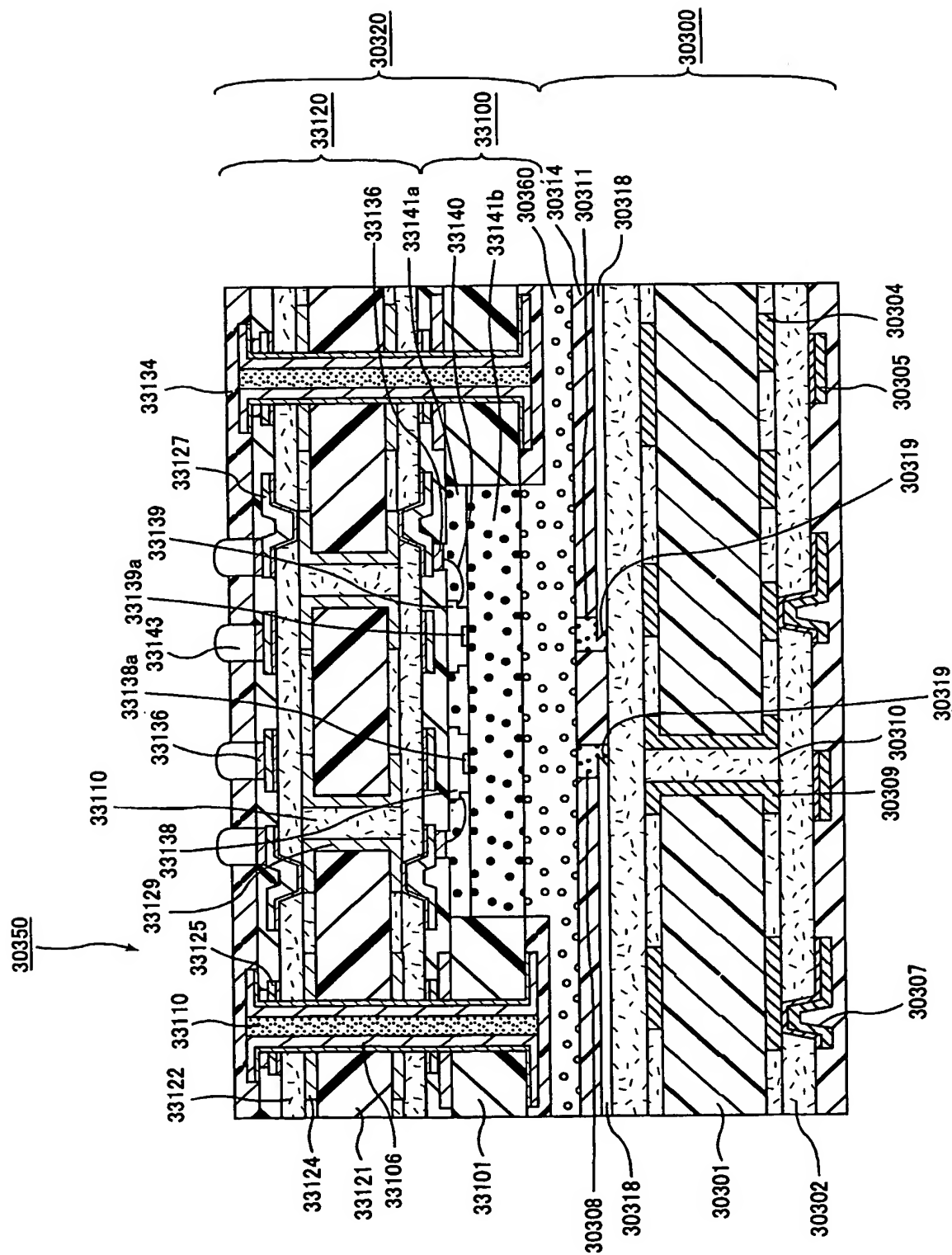


図30



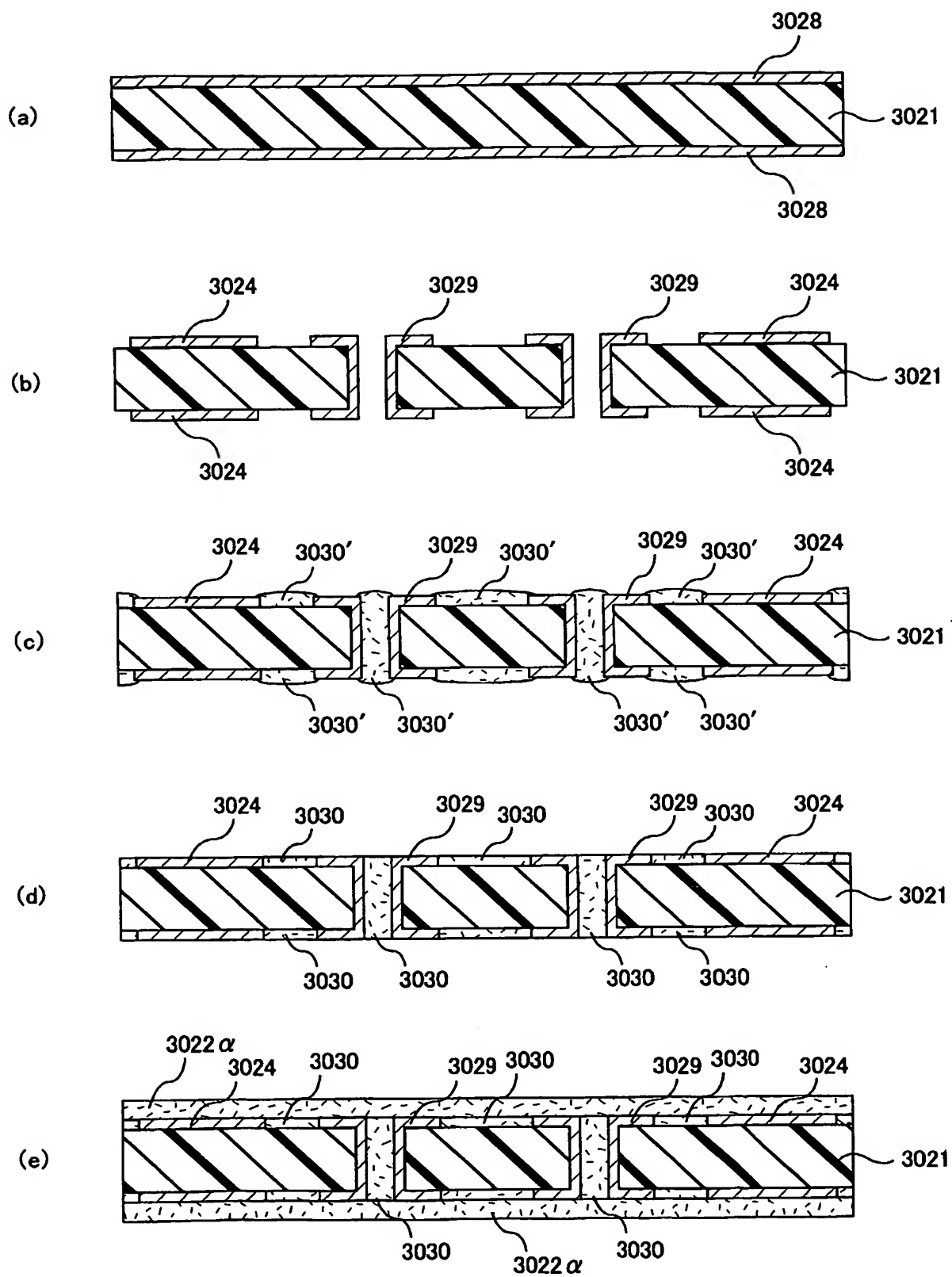
31/79

図31



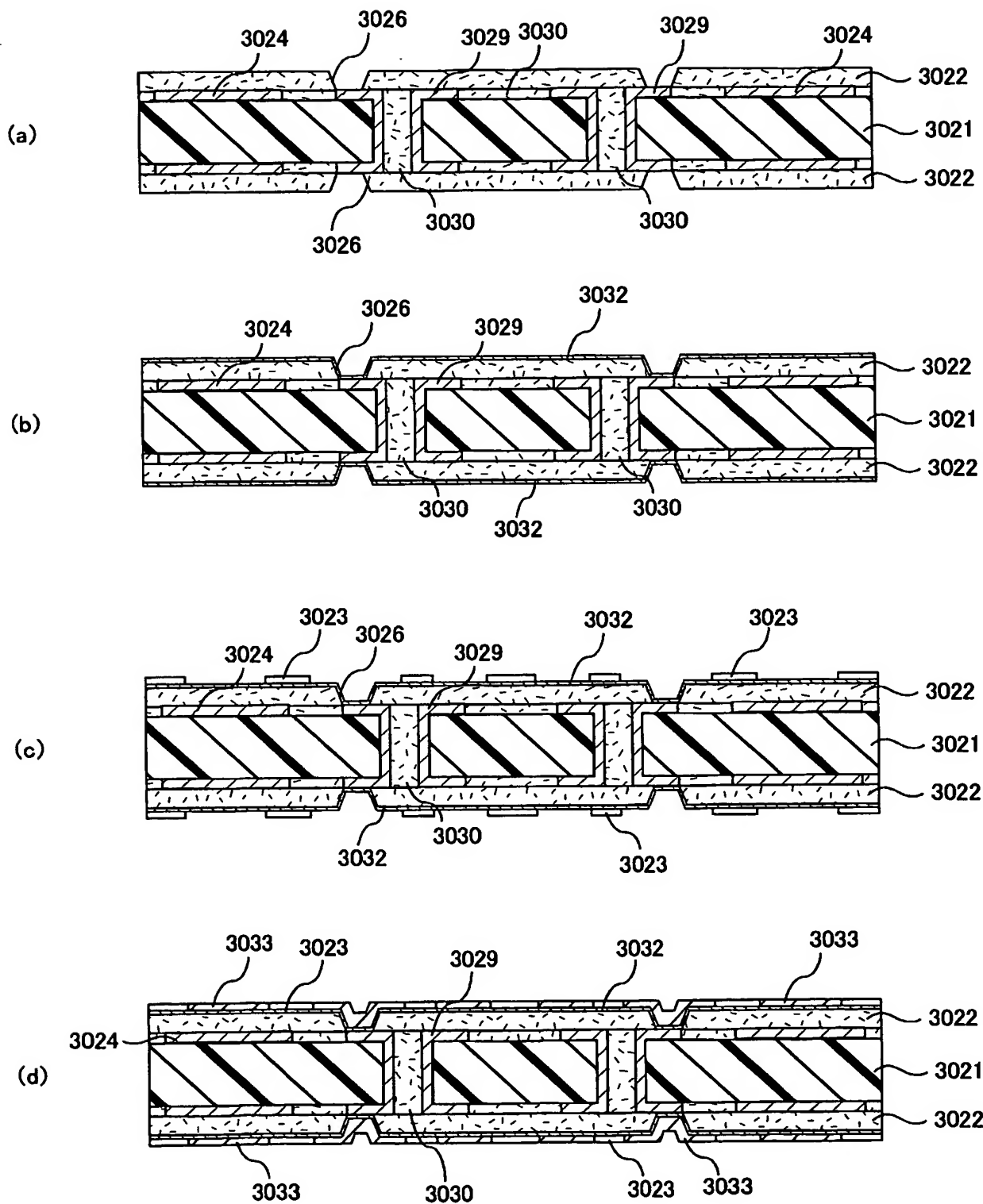
32/79

図32



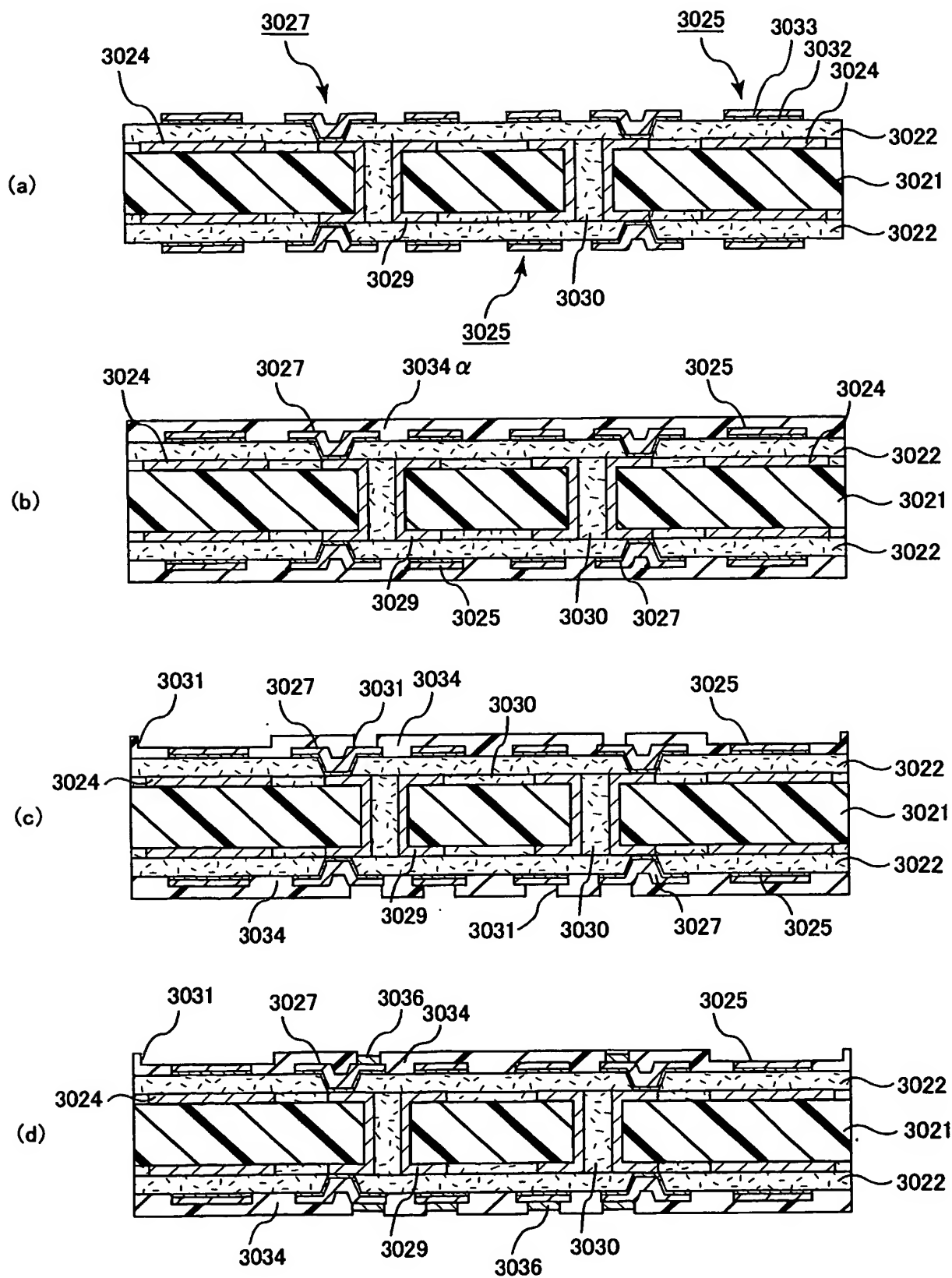
33/79

図33



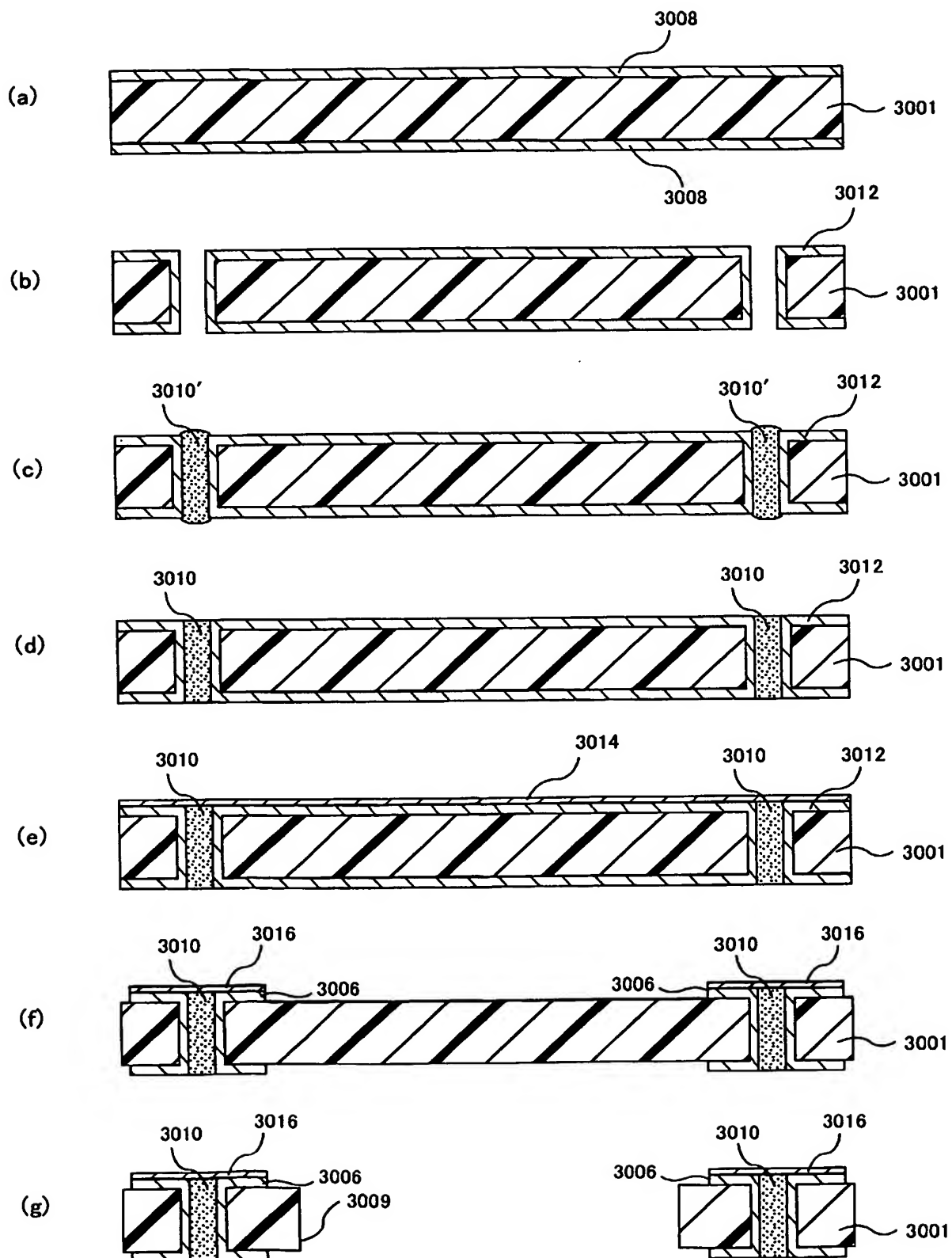
34/79

図 34



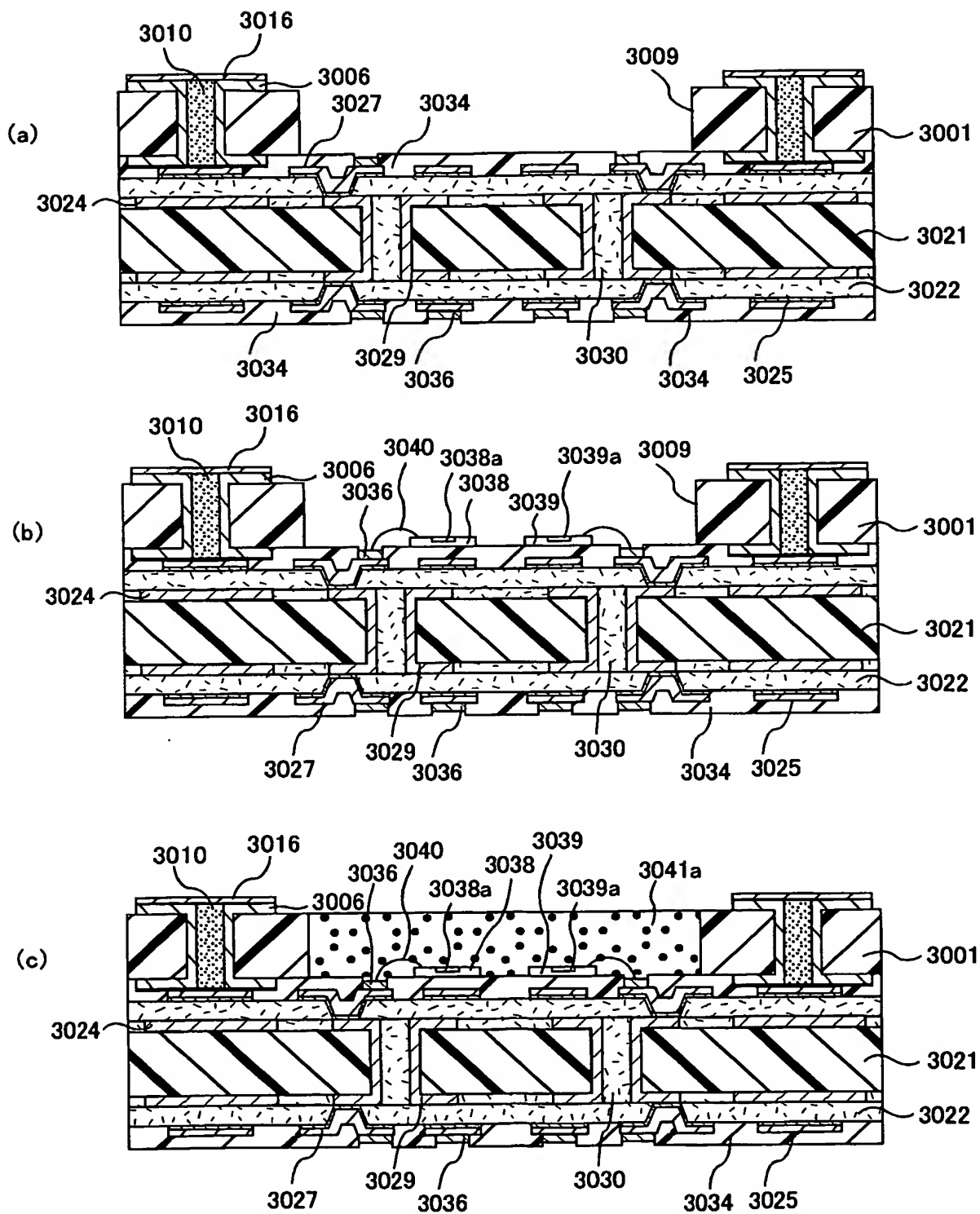
35/79

図35



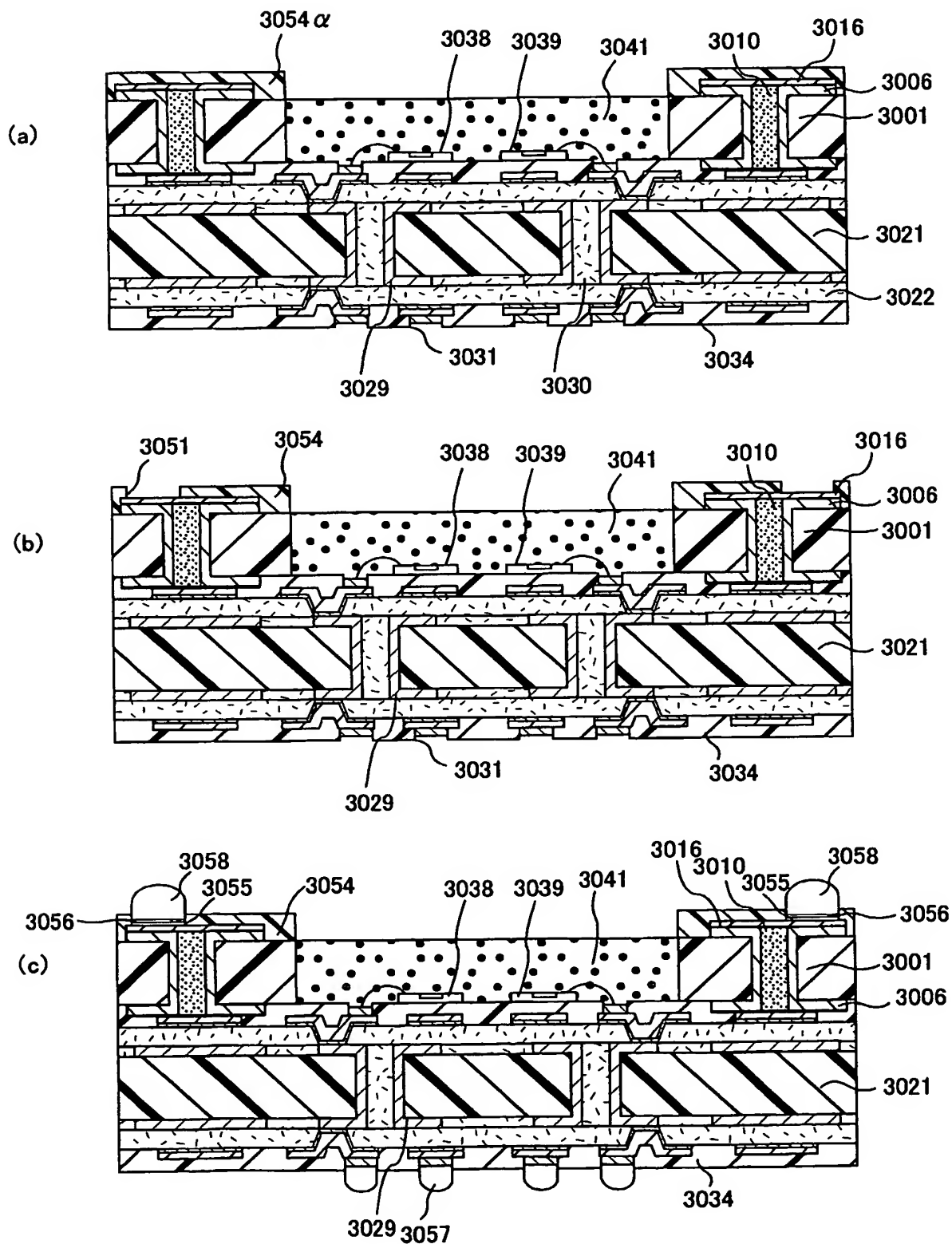
36/79

図36



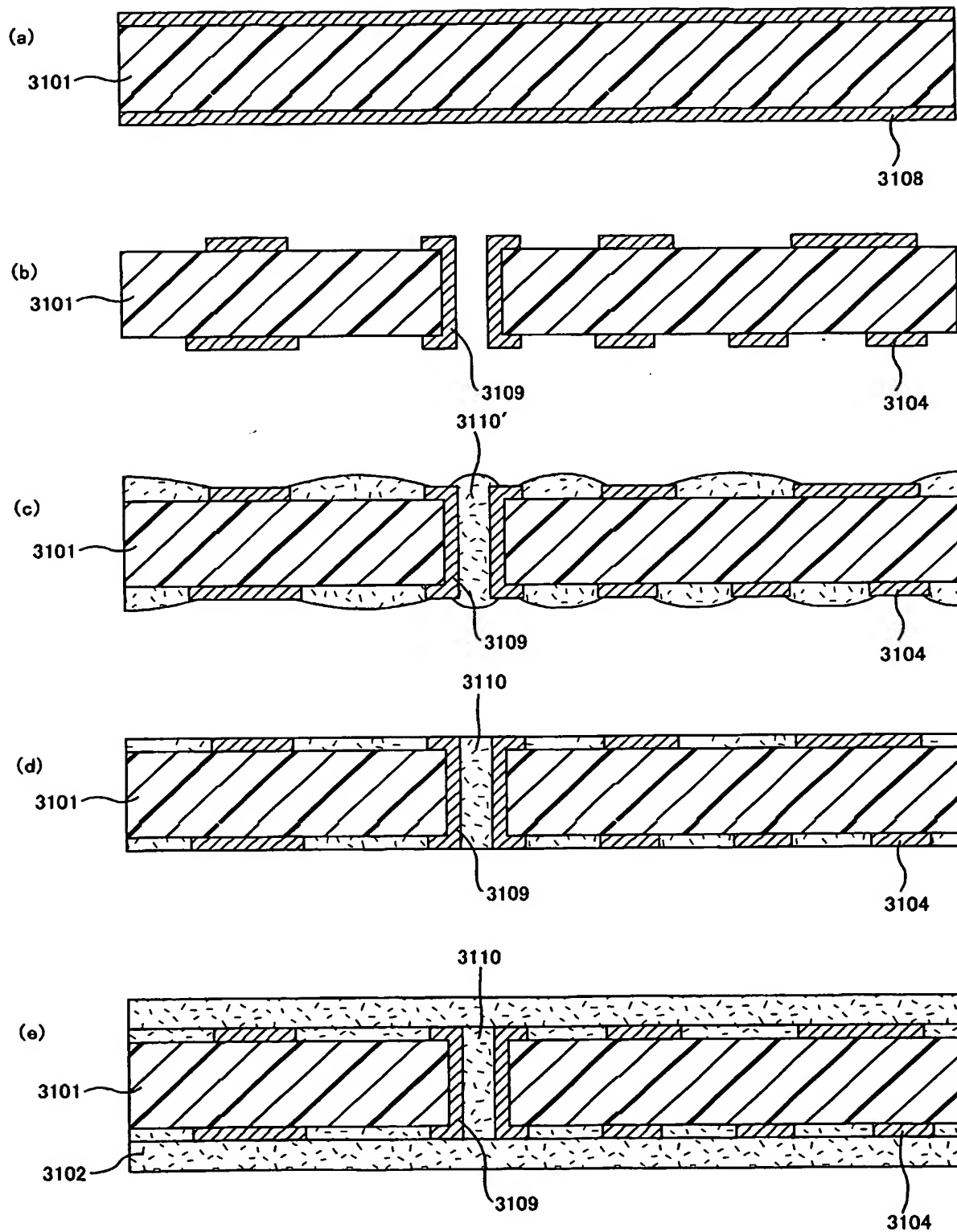
37/79

図37



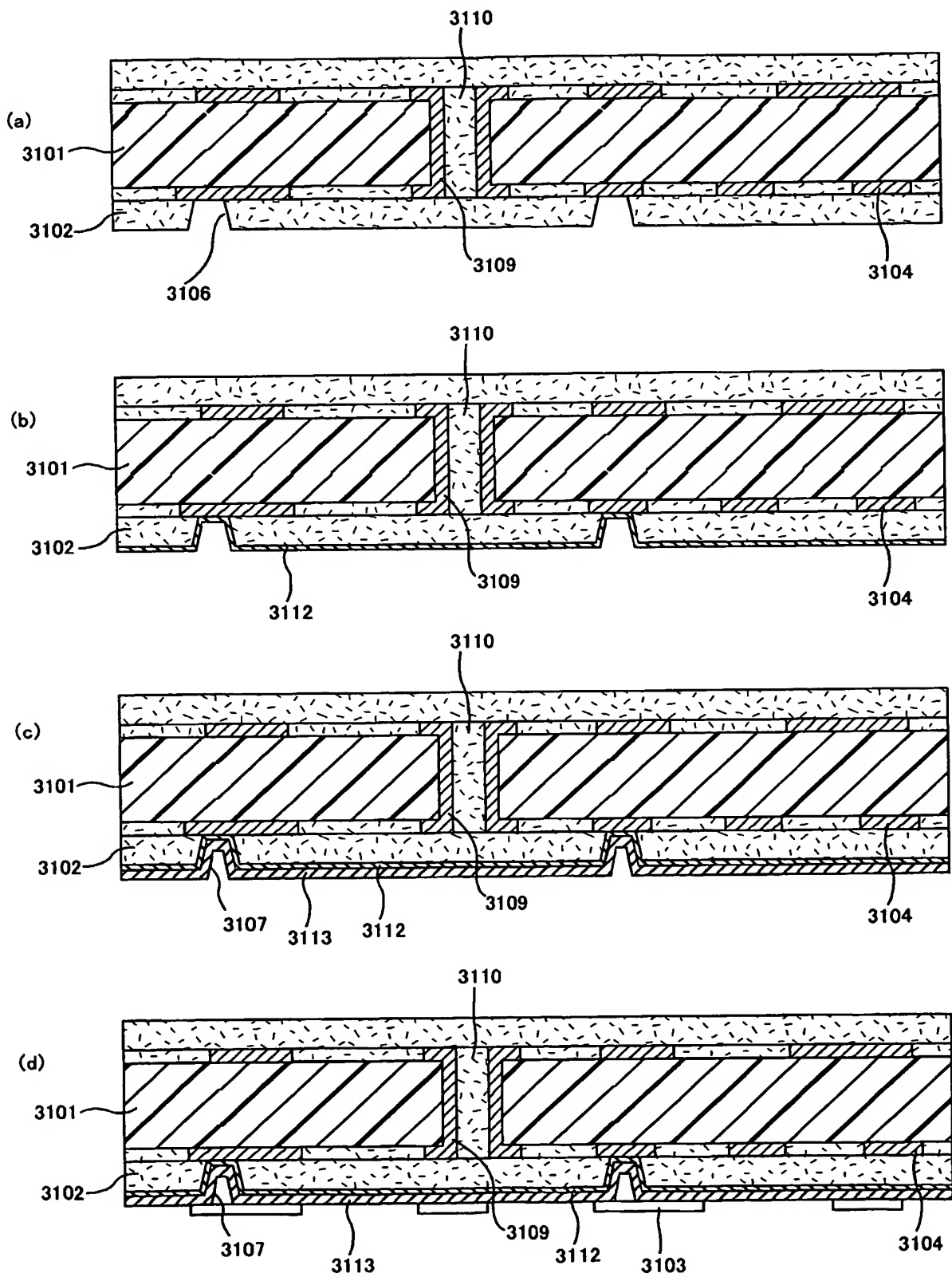
38/79

38



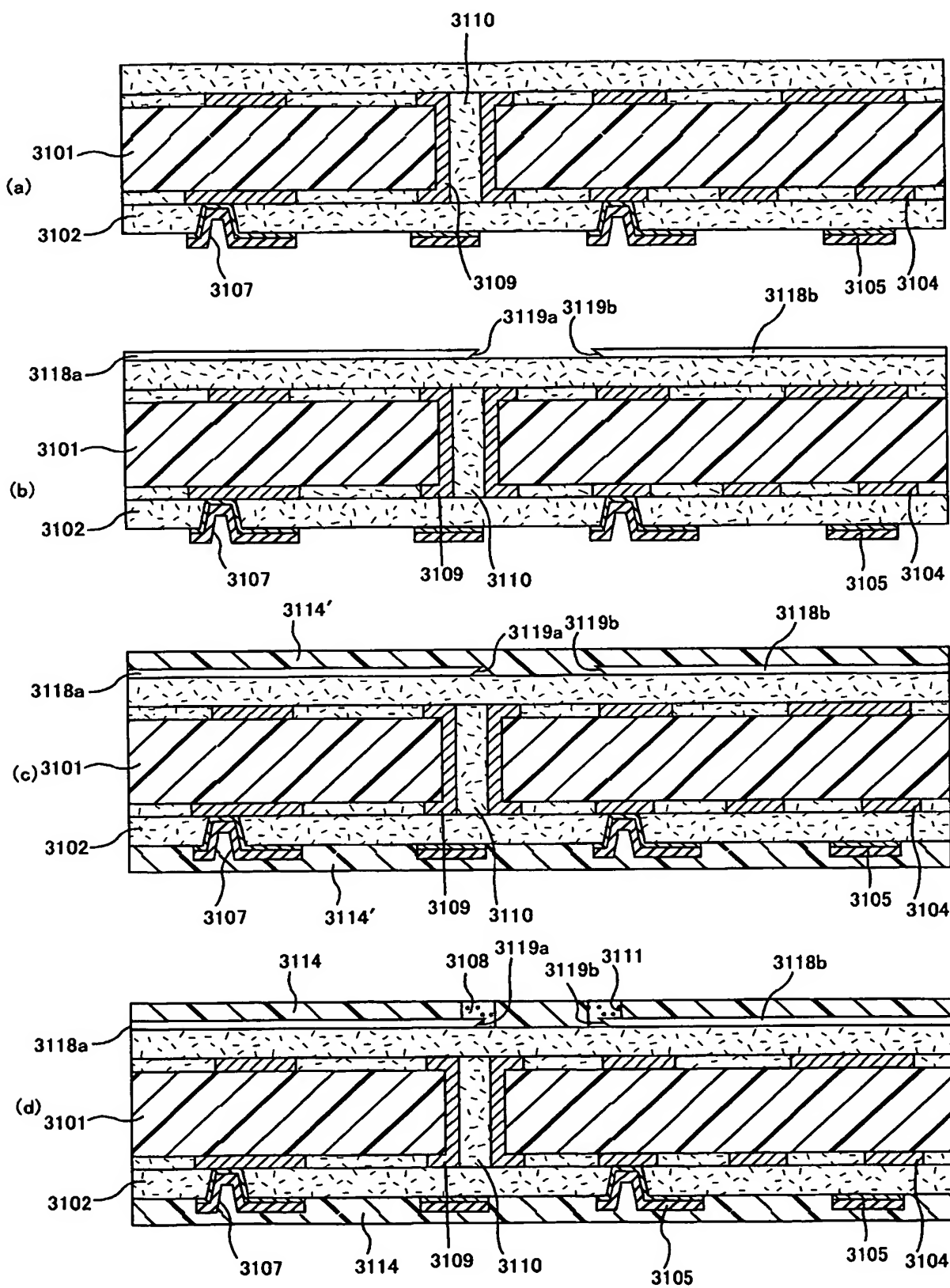
39/79

39



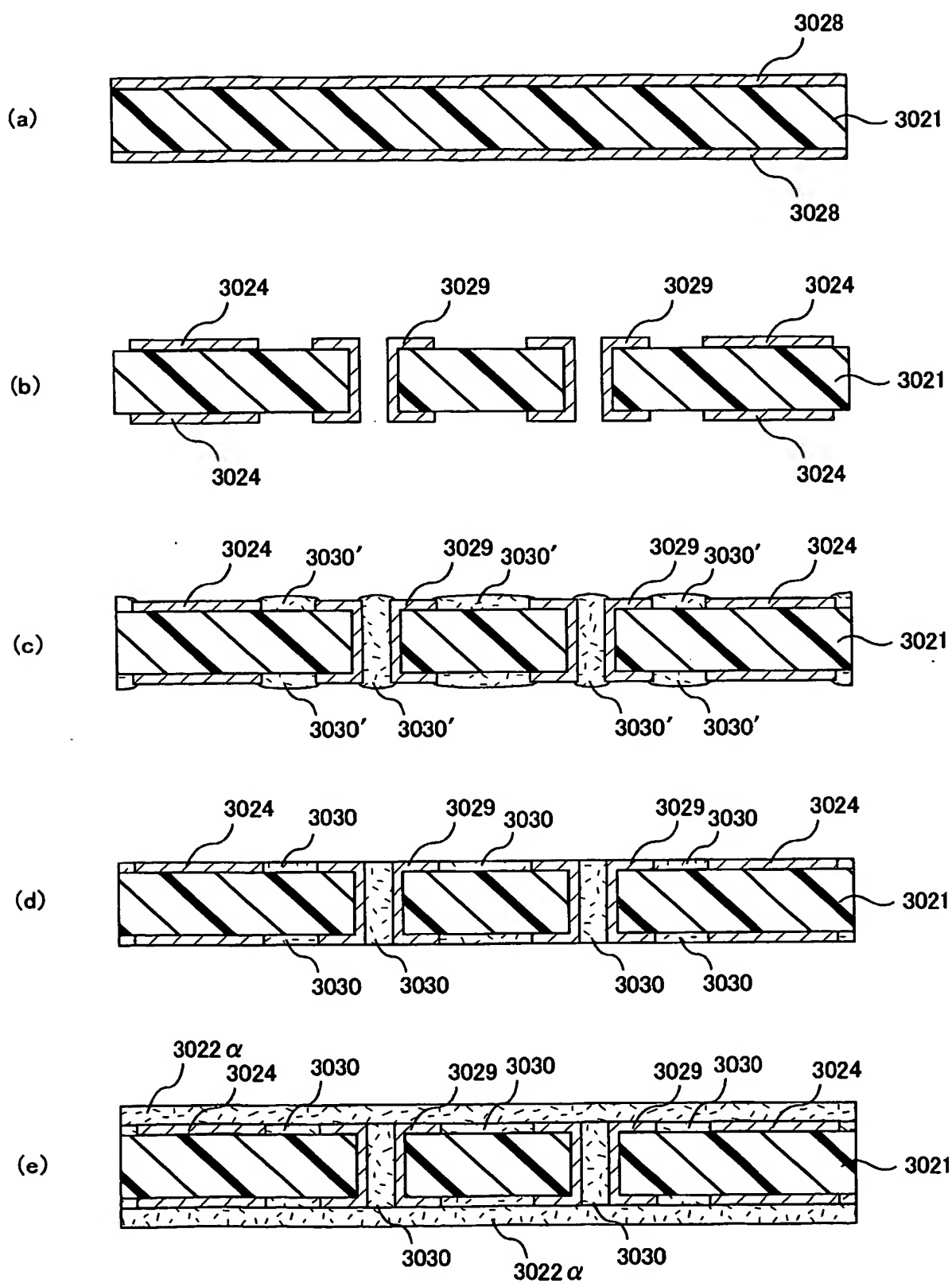
40/79

図40



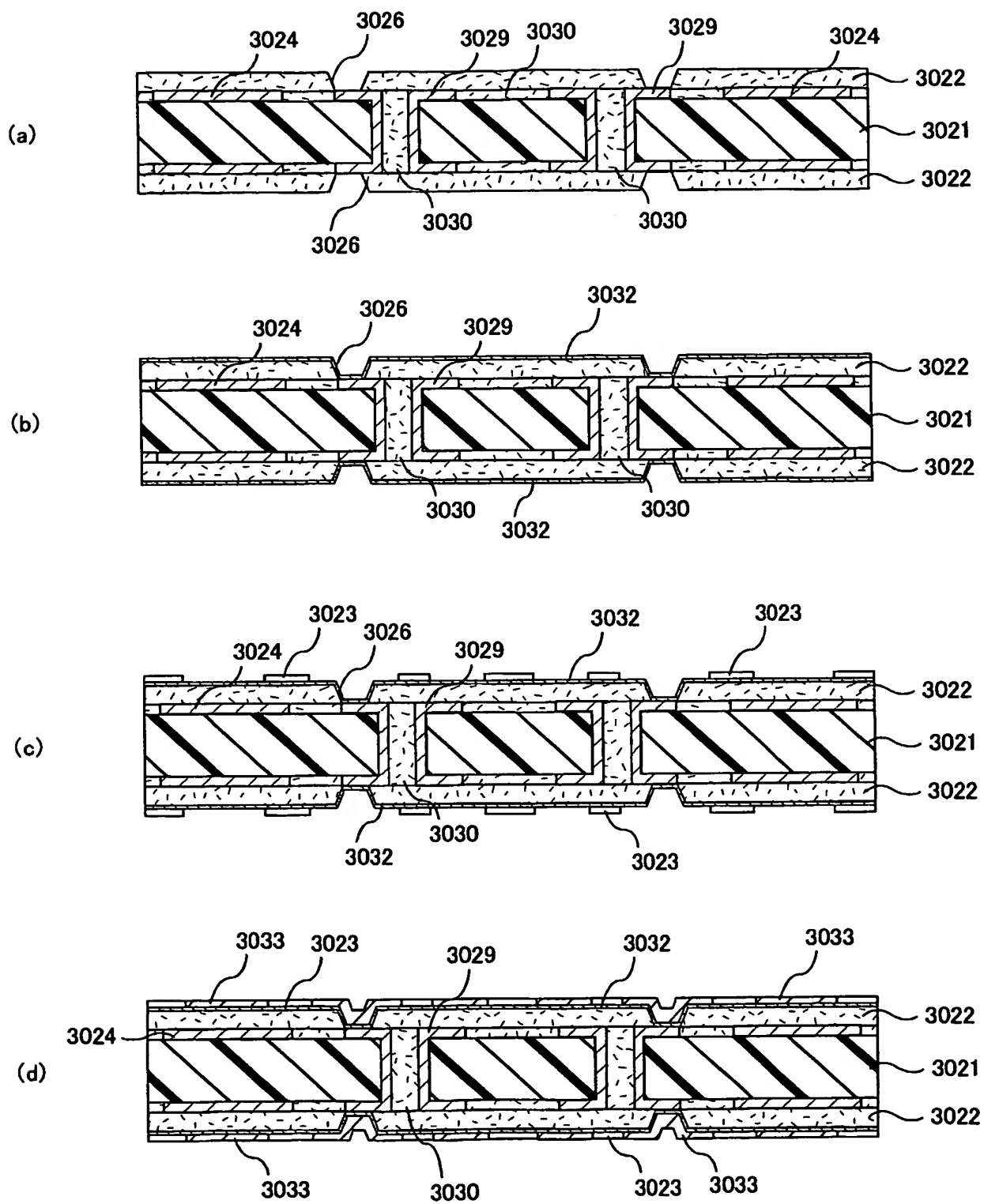
41/79

図 41



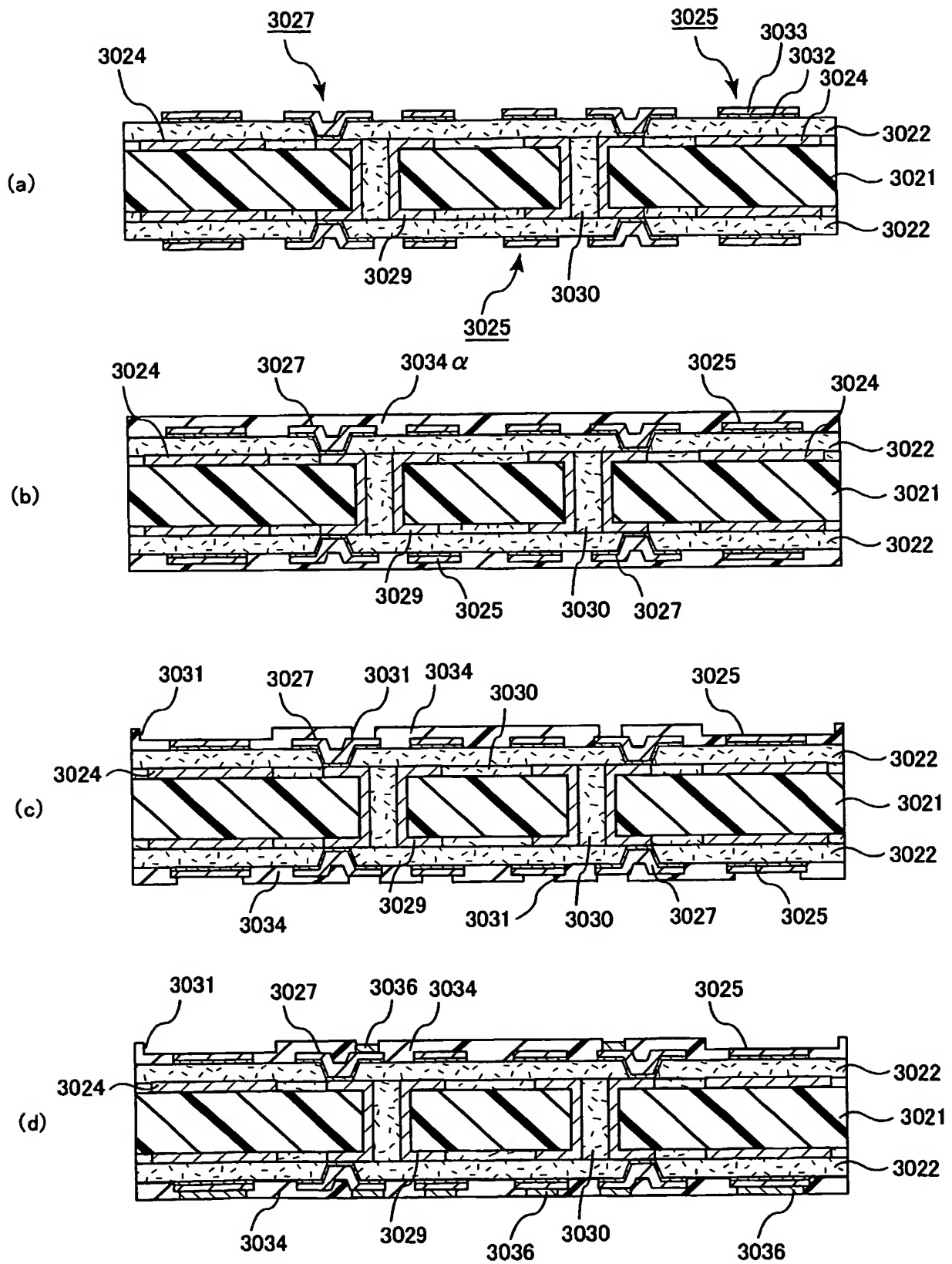
42/79

図42



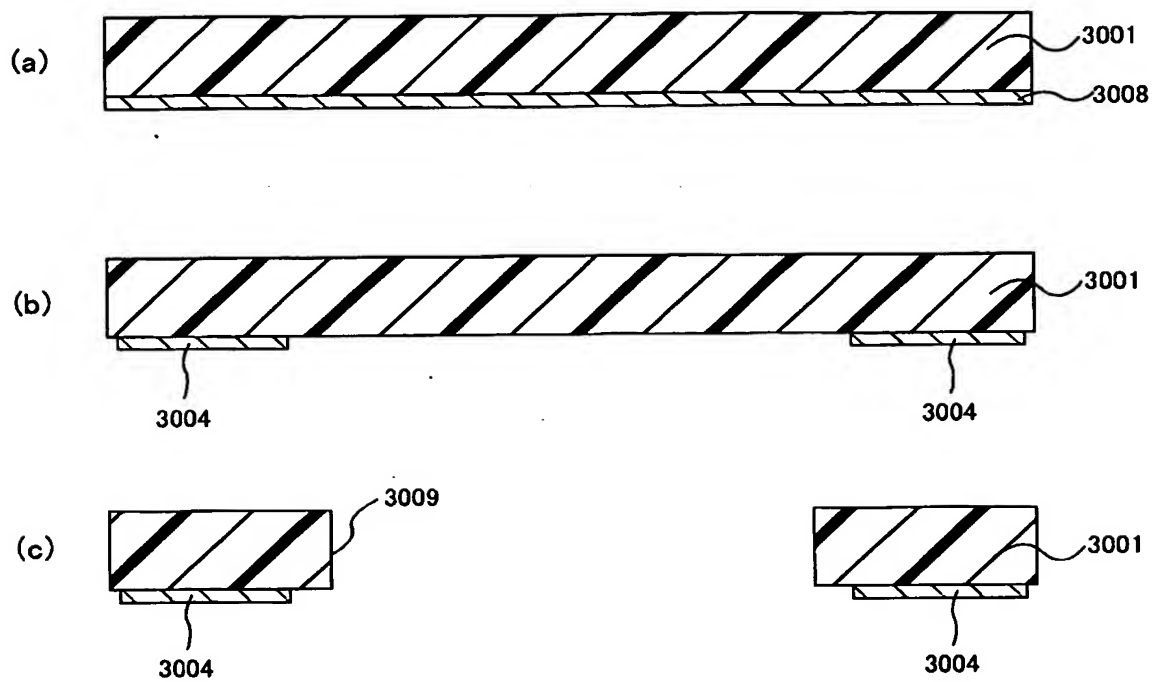
43/79

図 43



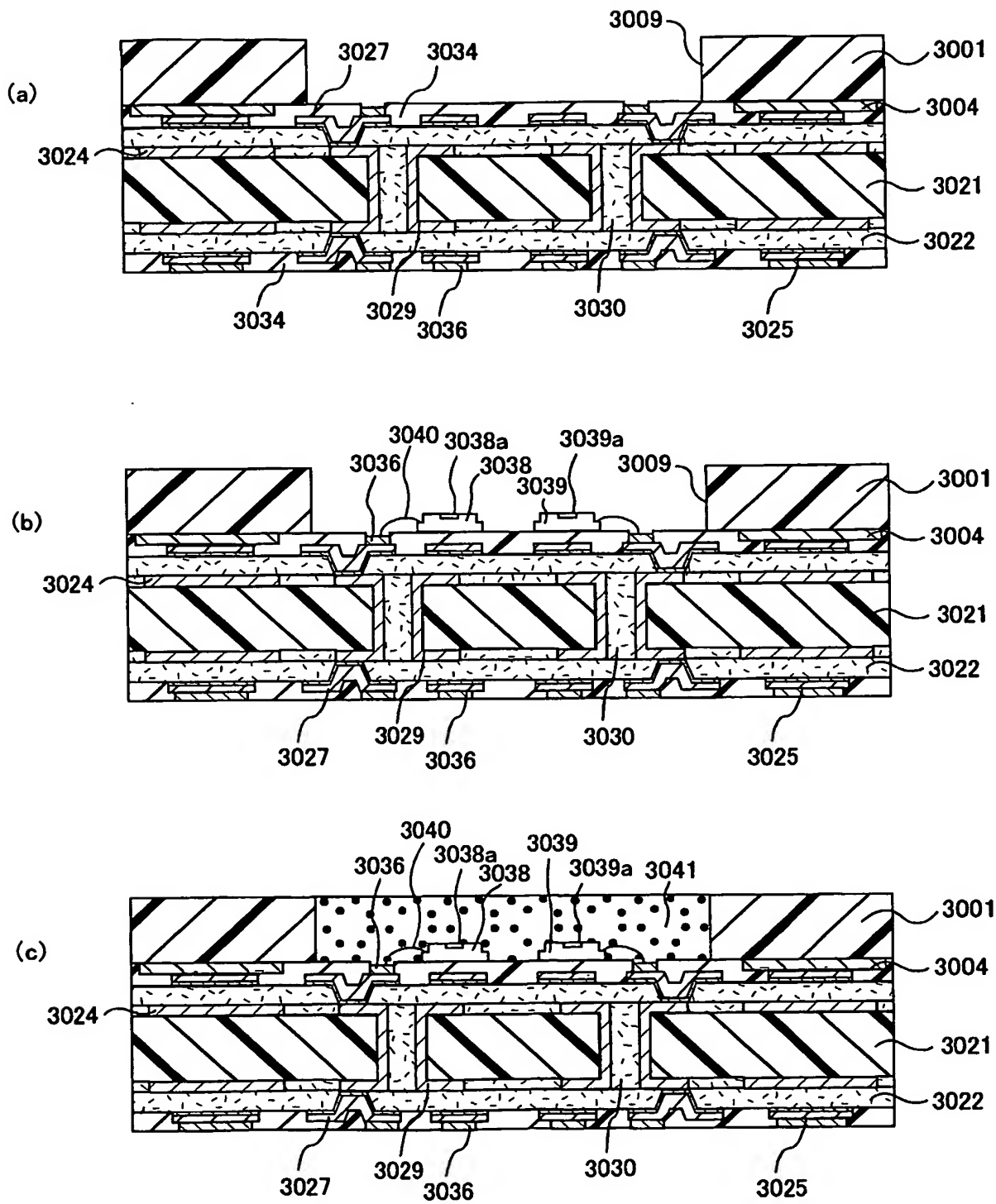
44/79

図44



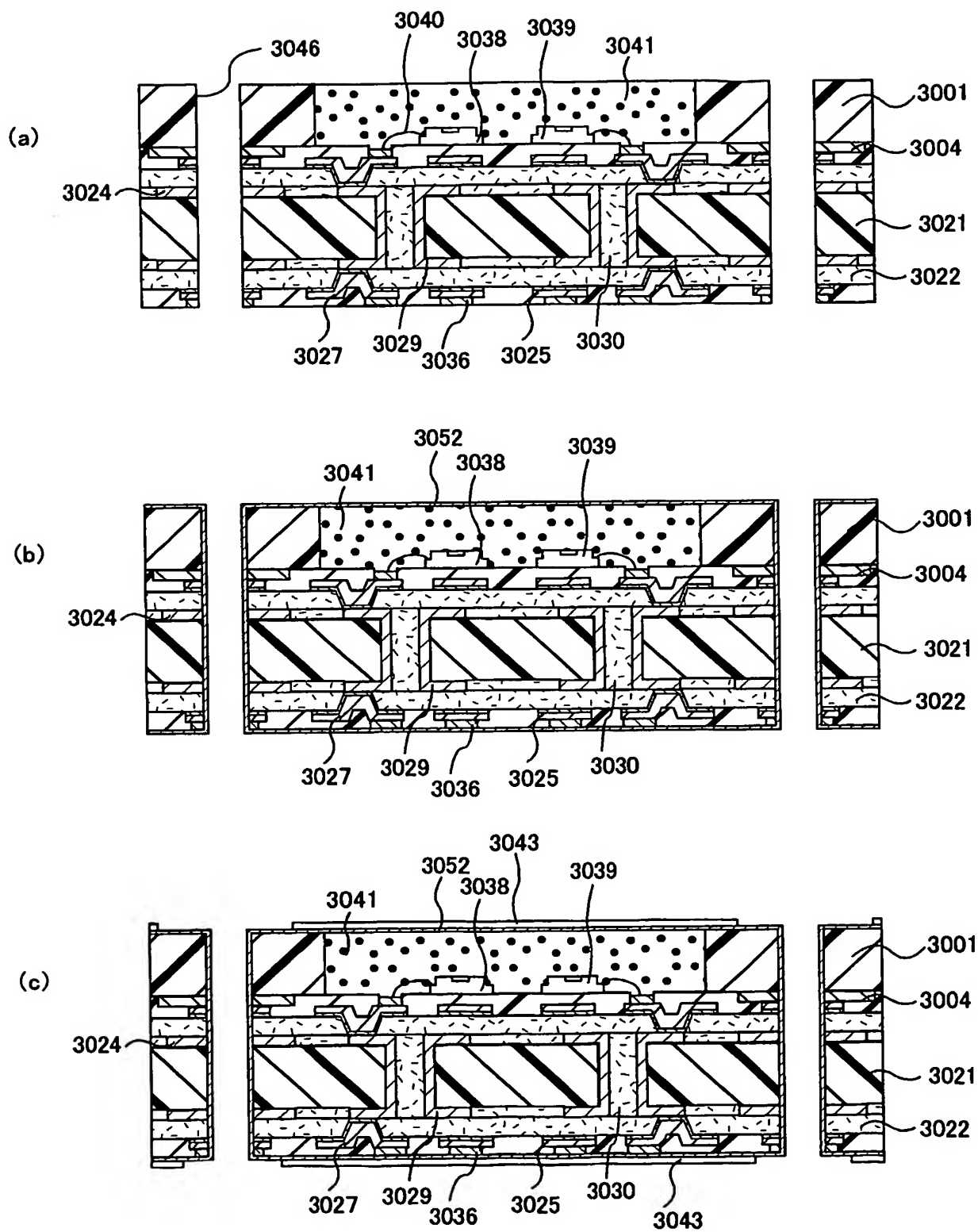
45/79

図 45



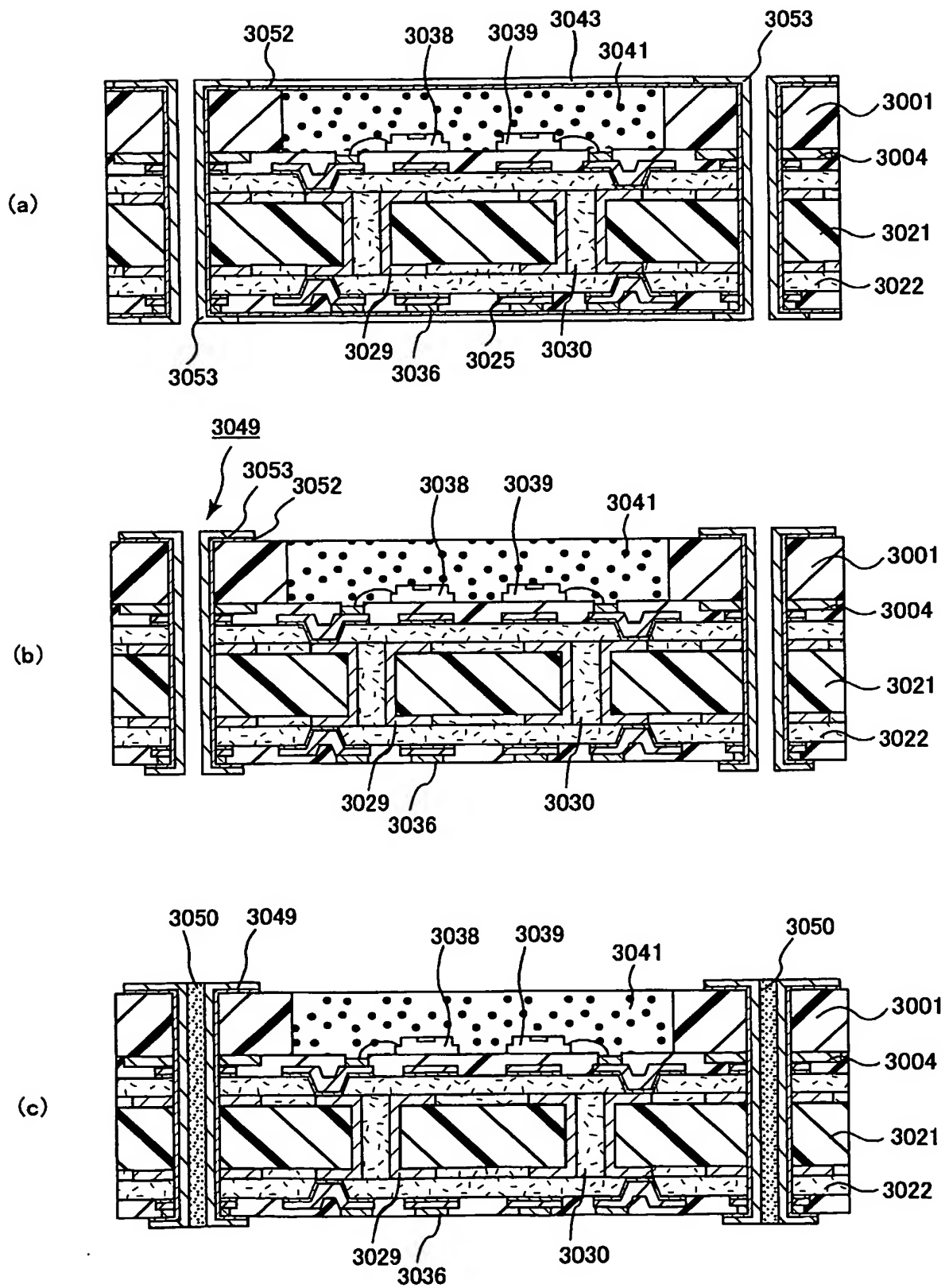
46/79

図 46



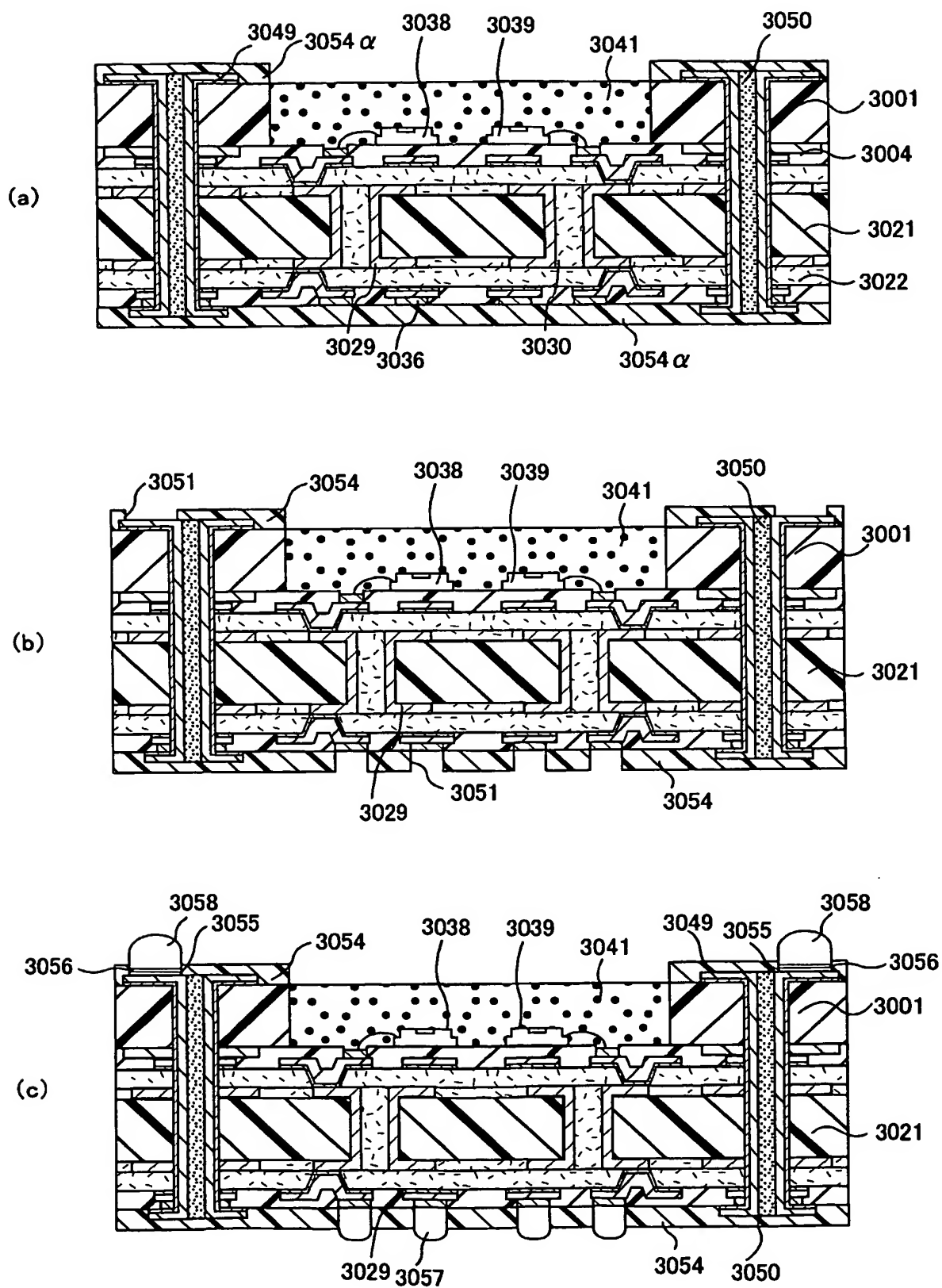
47/79

図47



48/79

図48



49

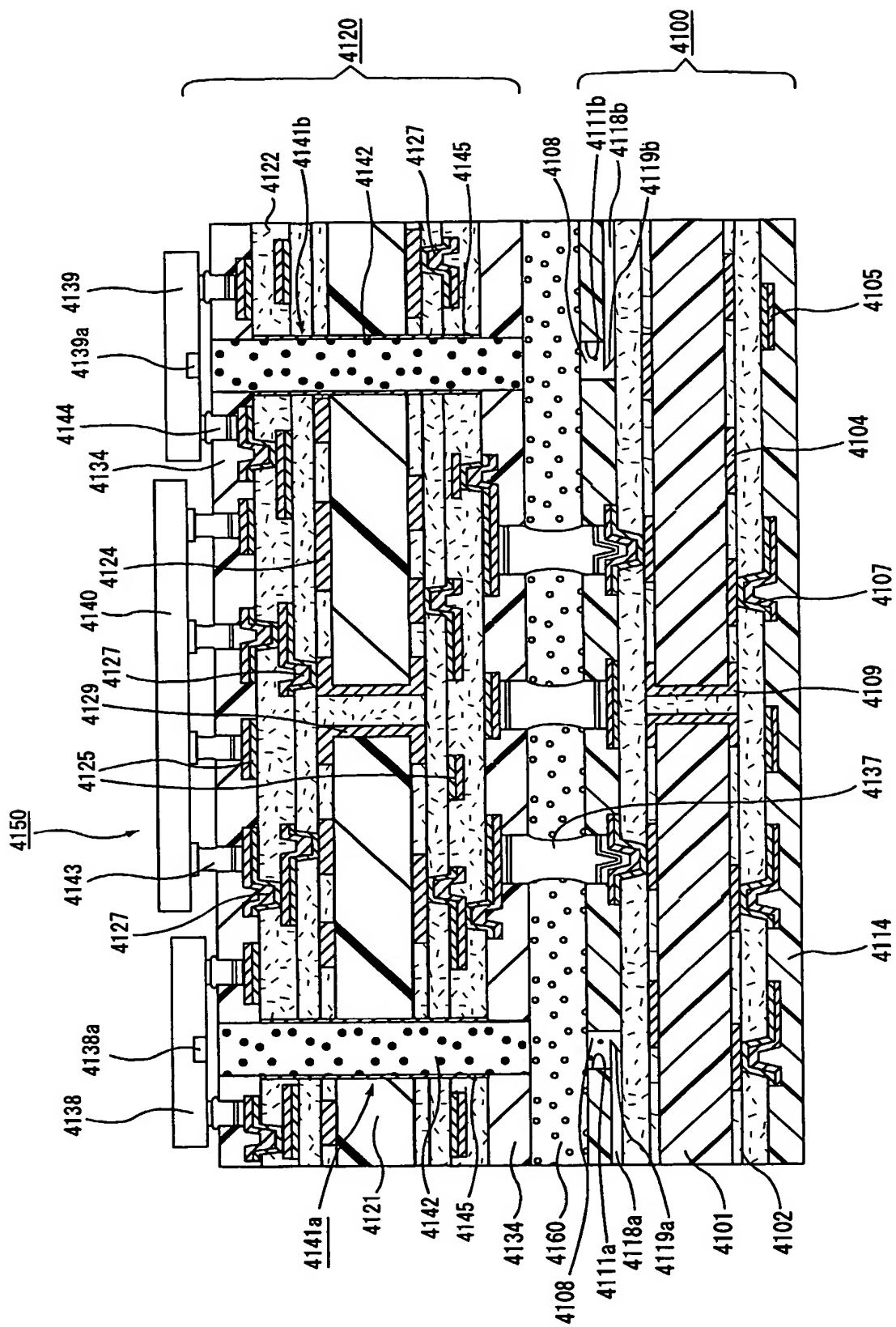


図50

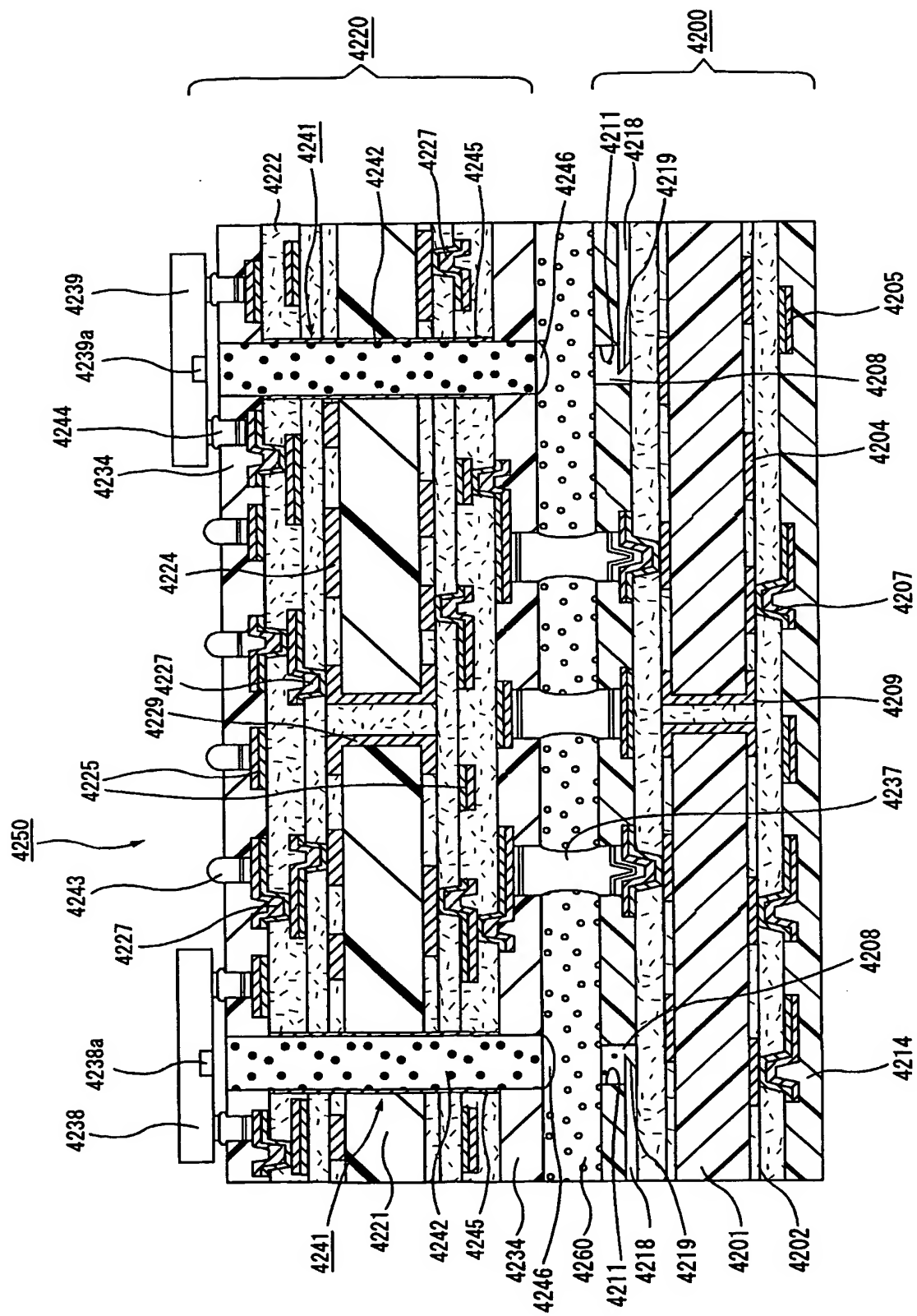


図51

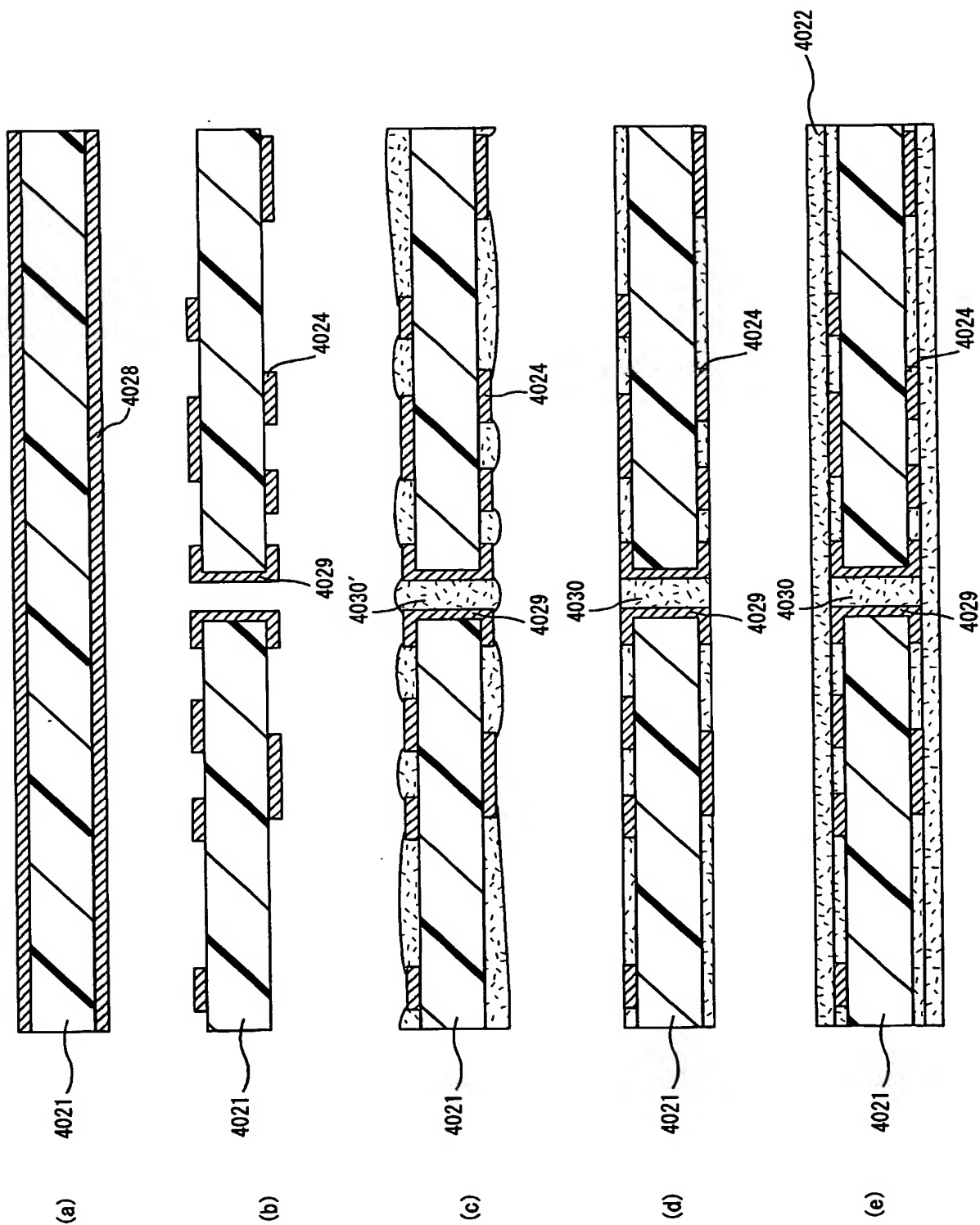
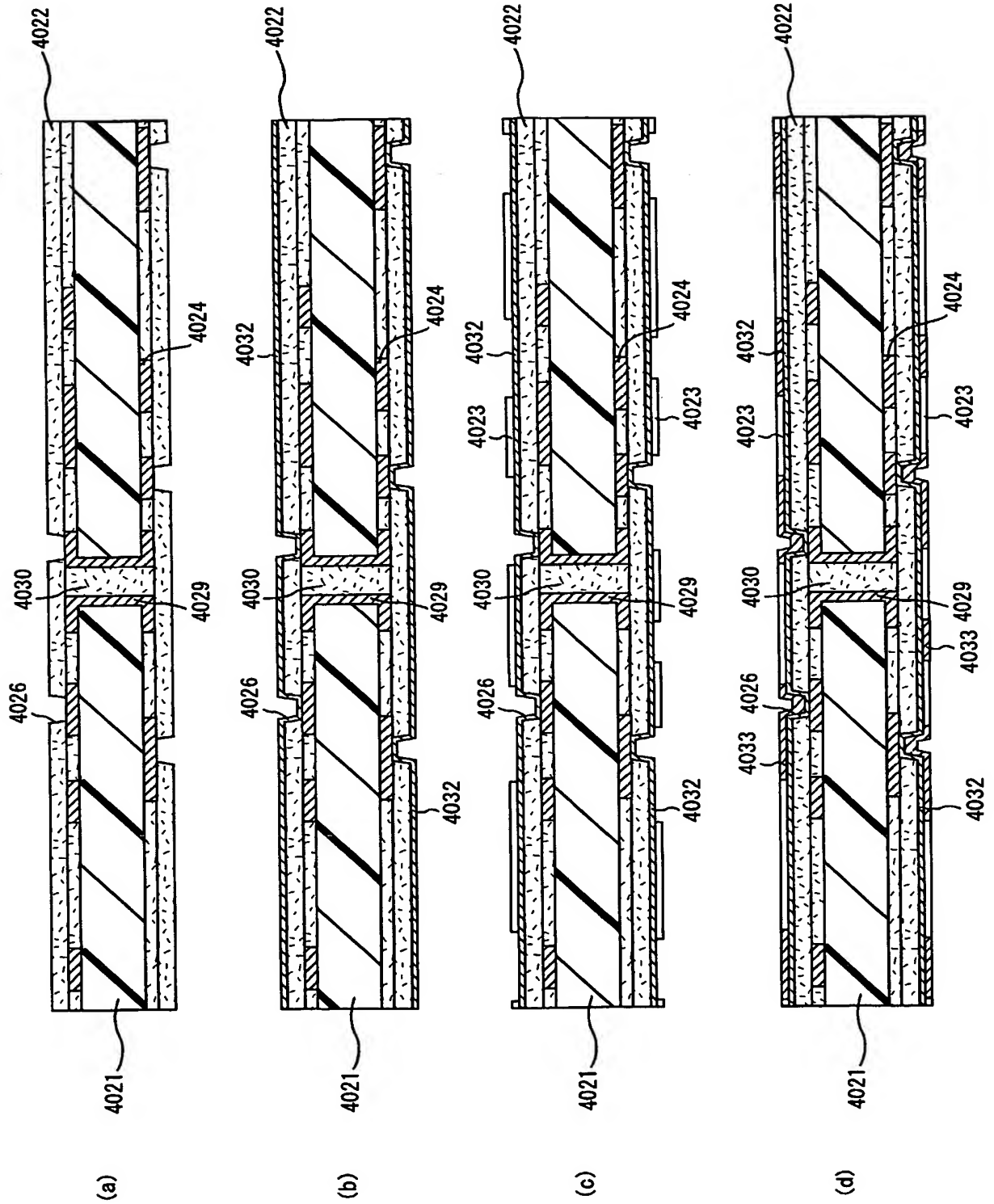
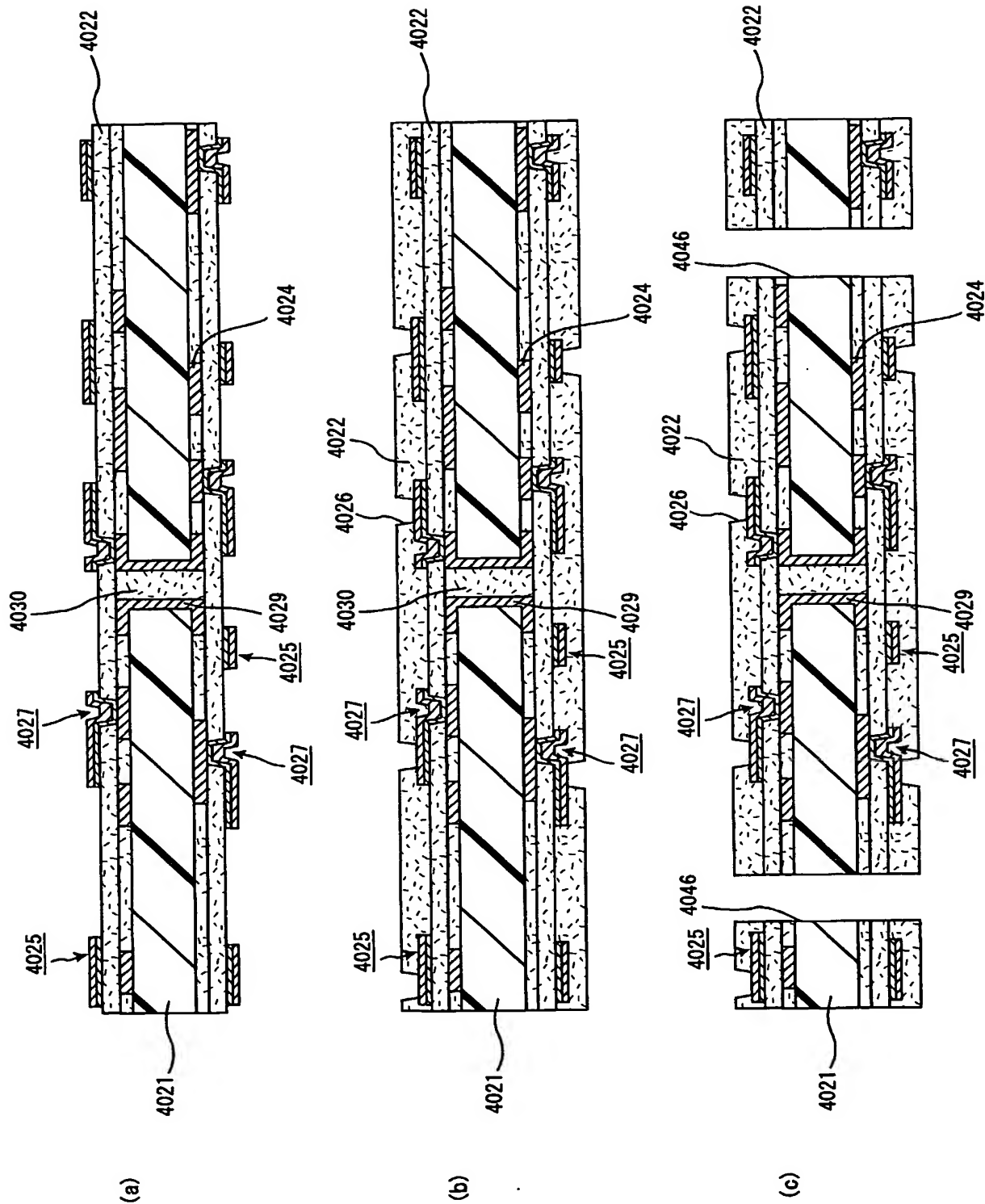


図 52



53/79

53



54

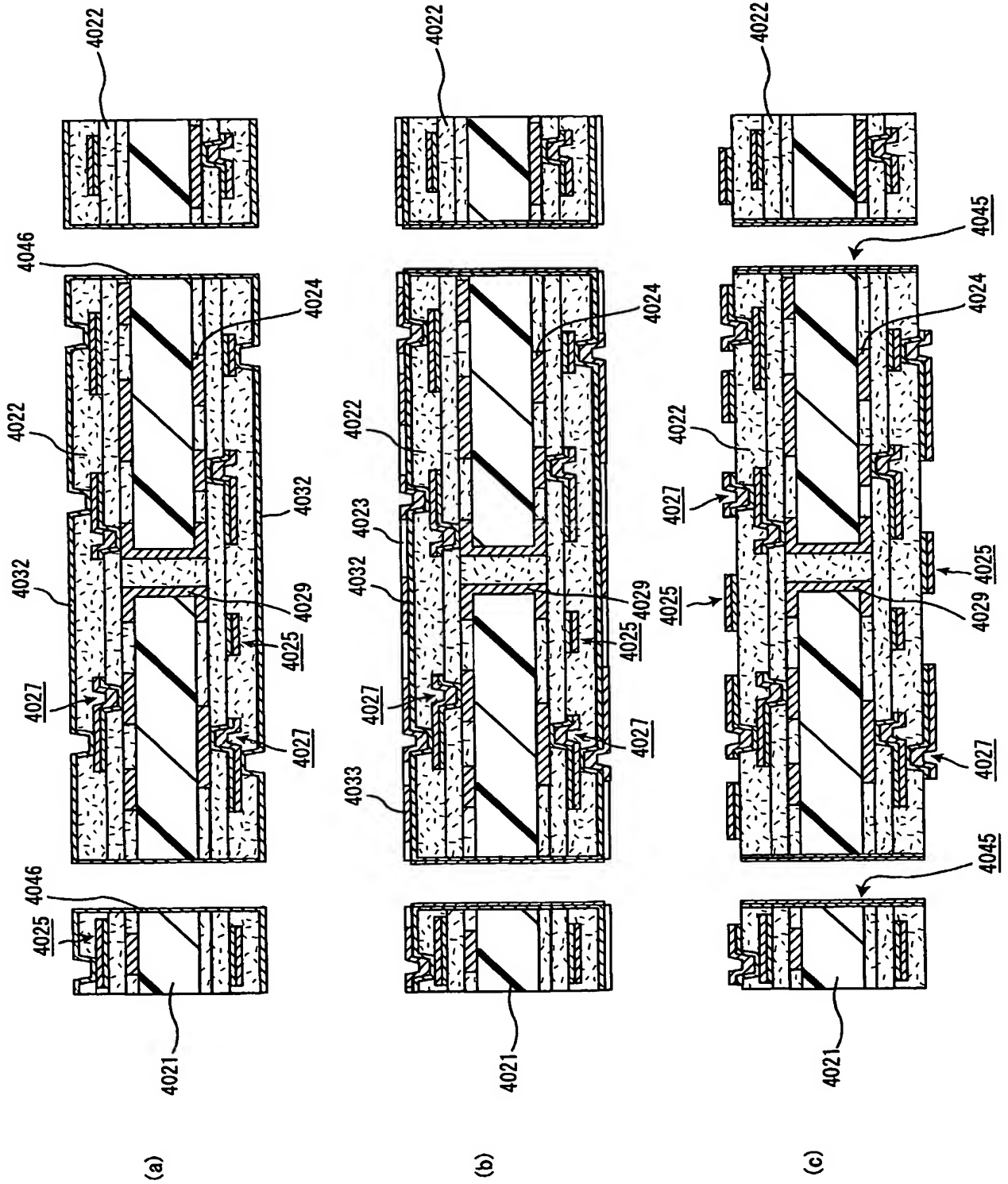


図55

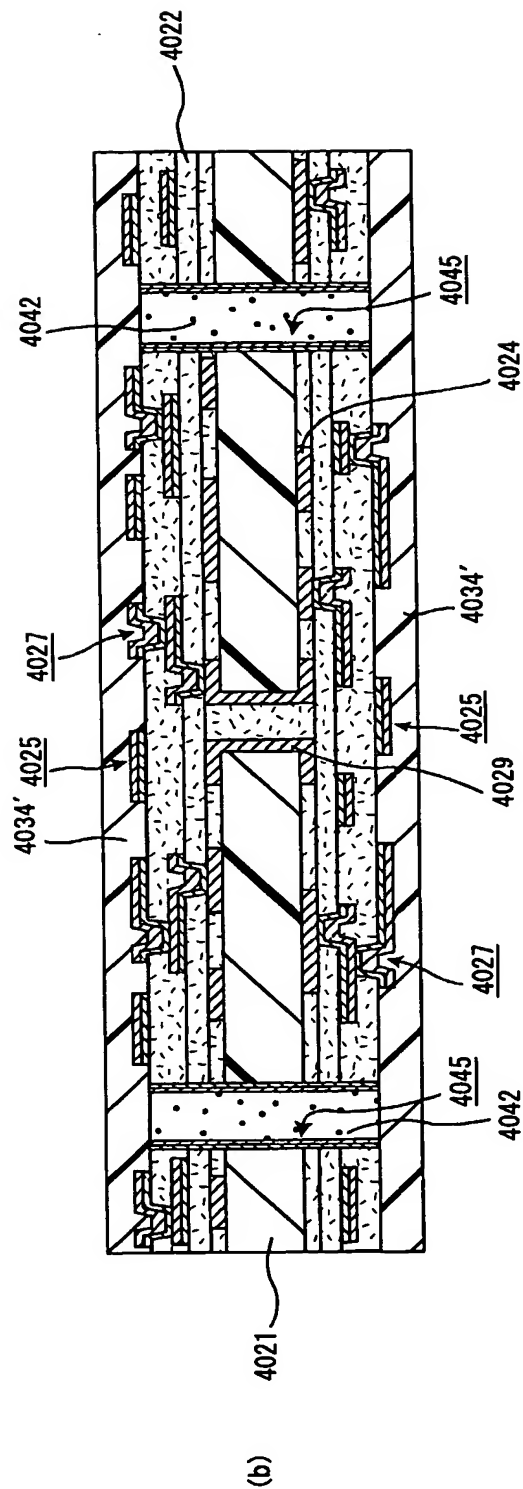
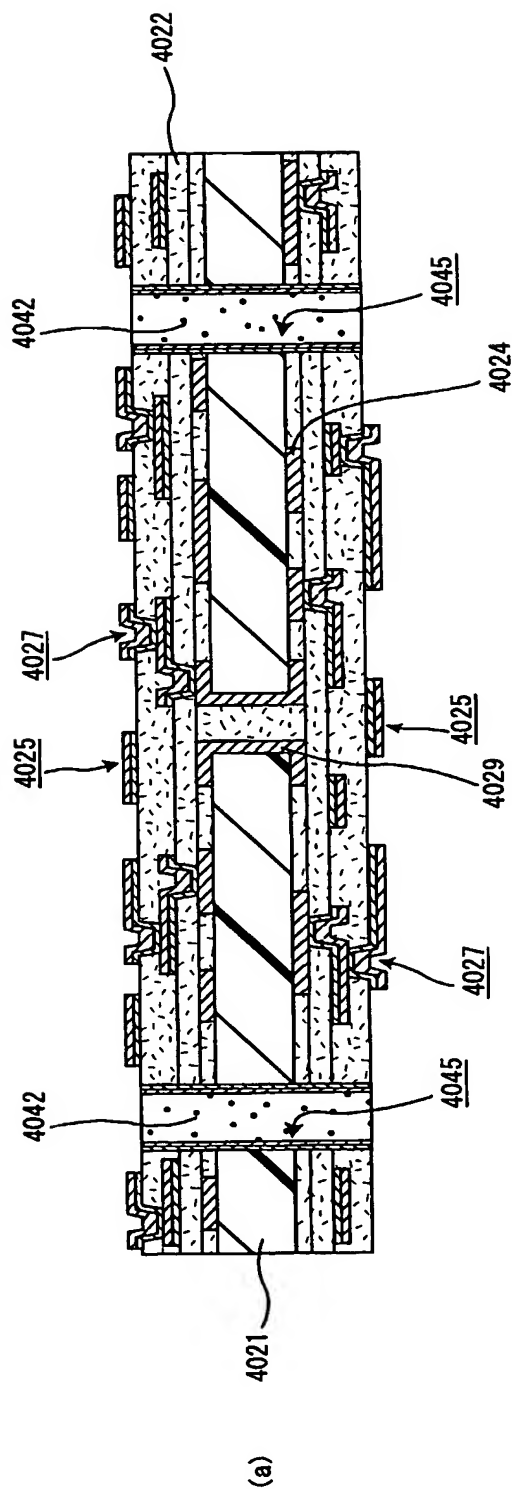


図56

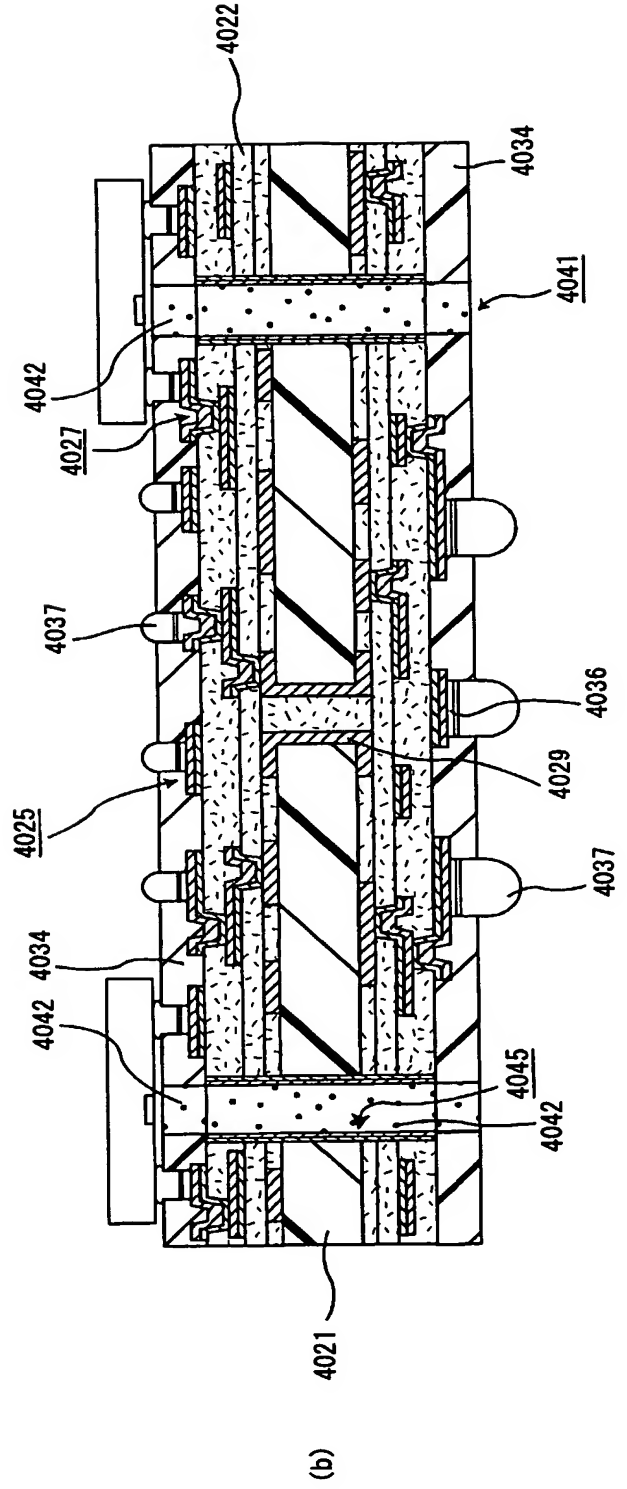
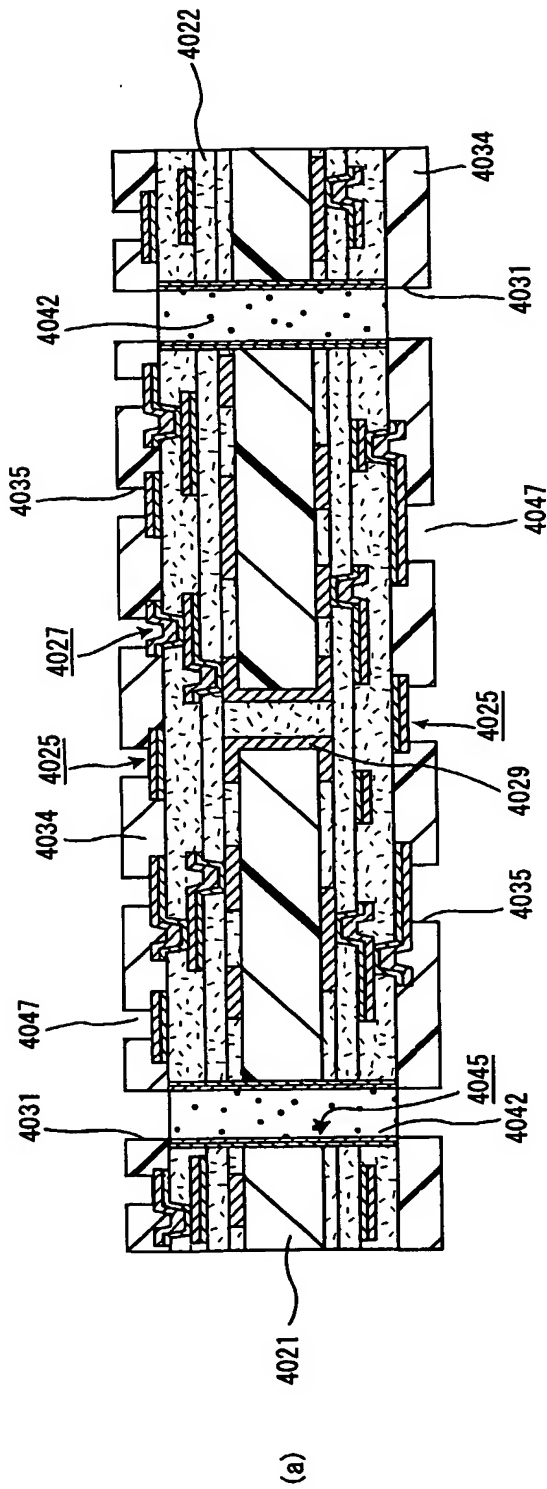


図57

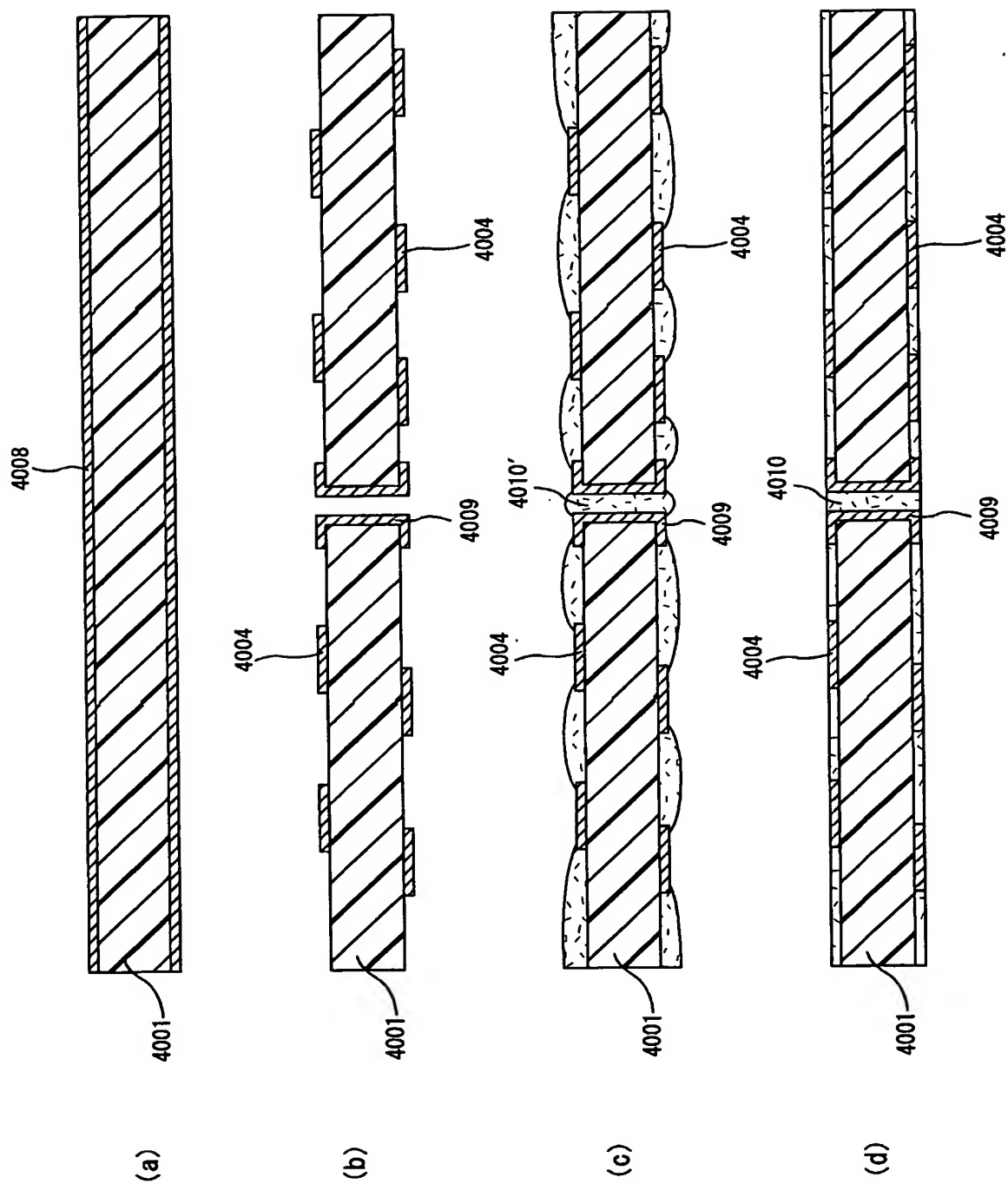
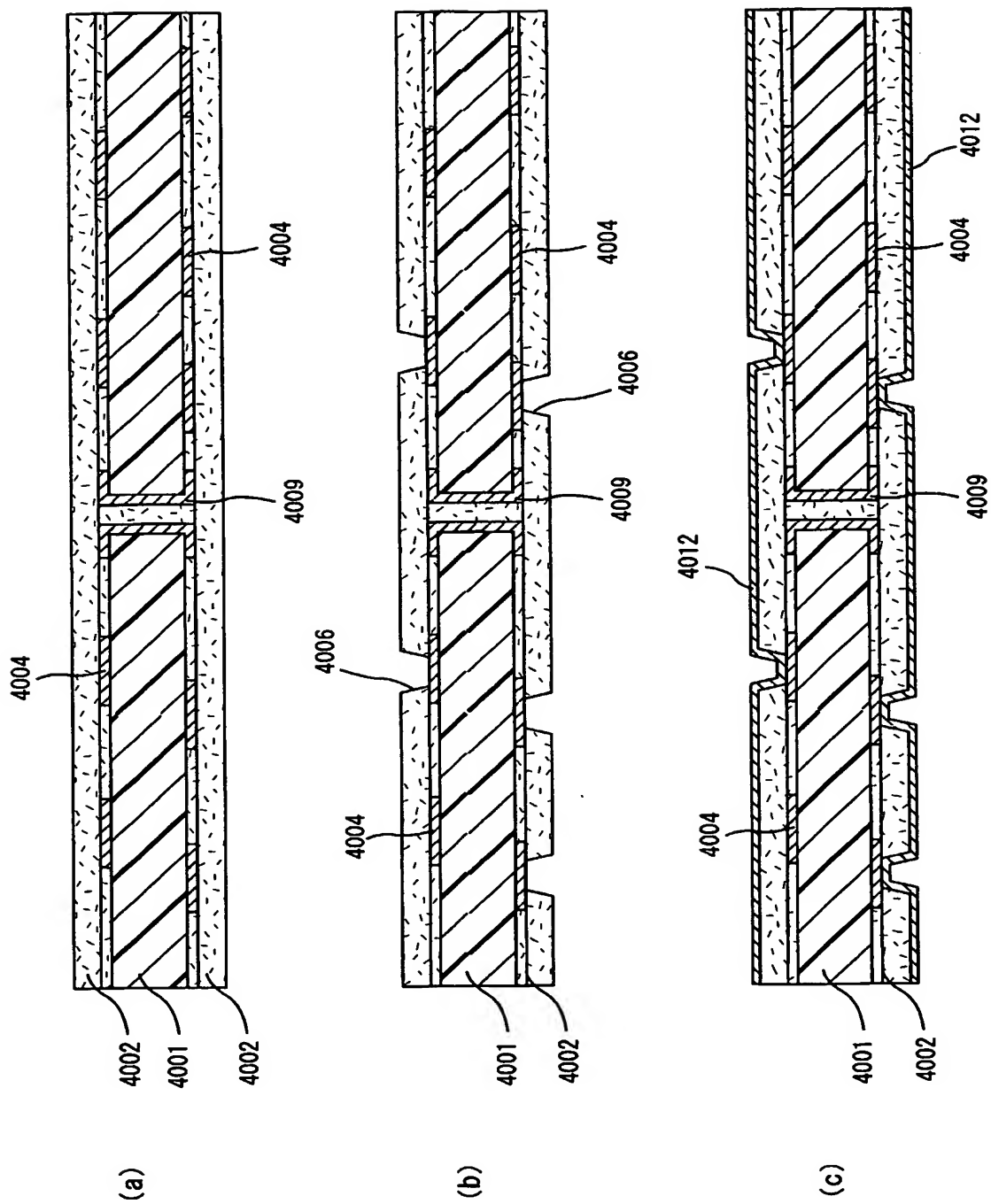
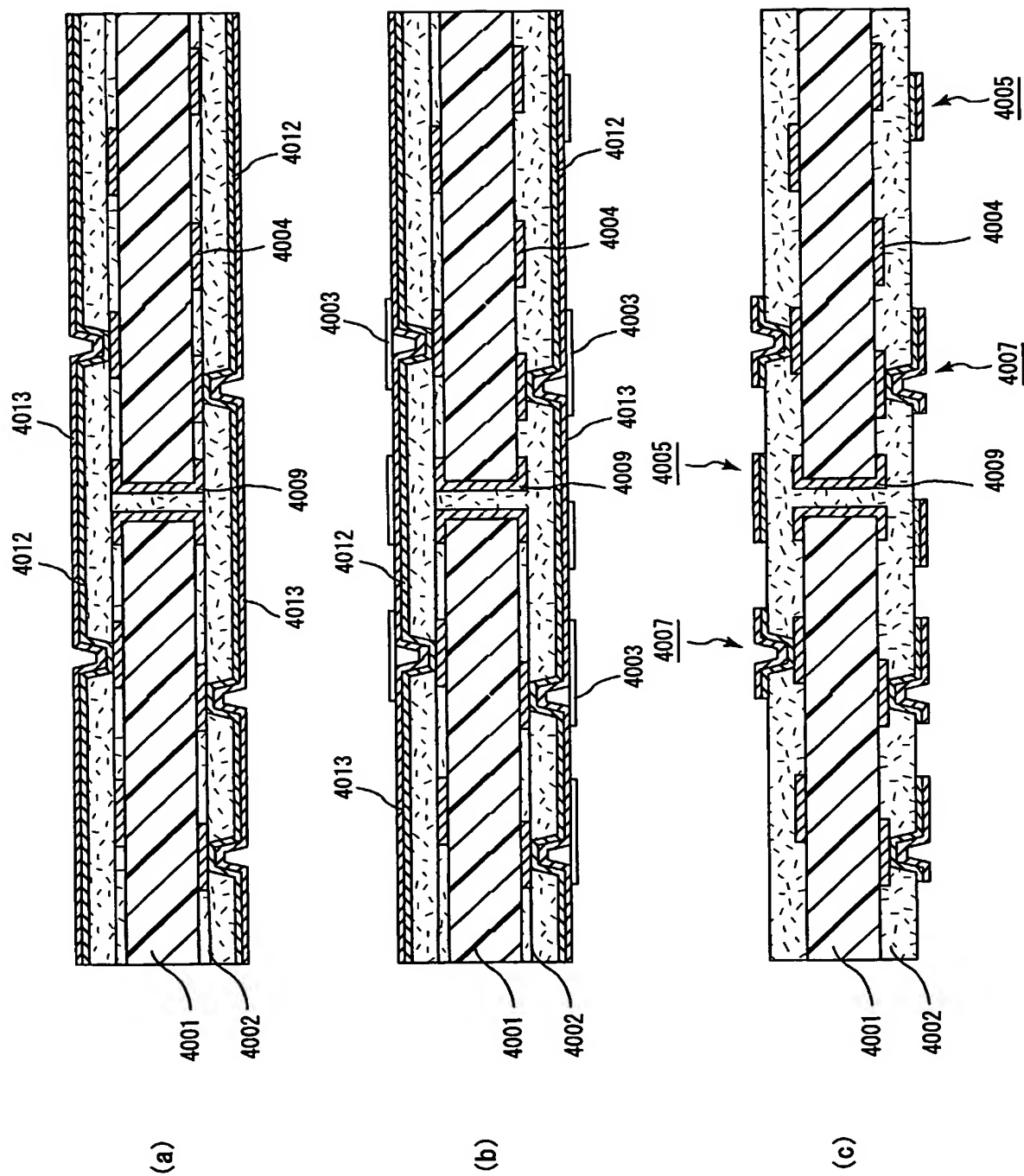


図58



59/79

59



60

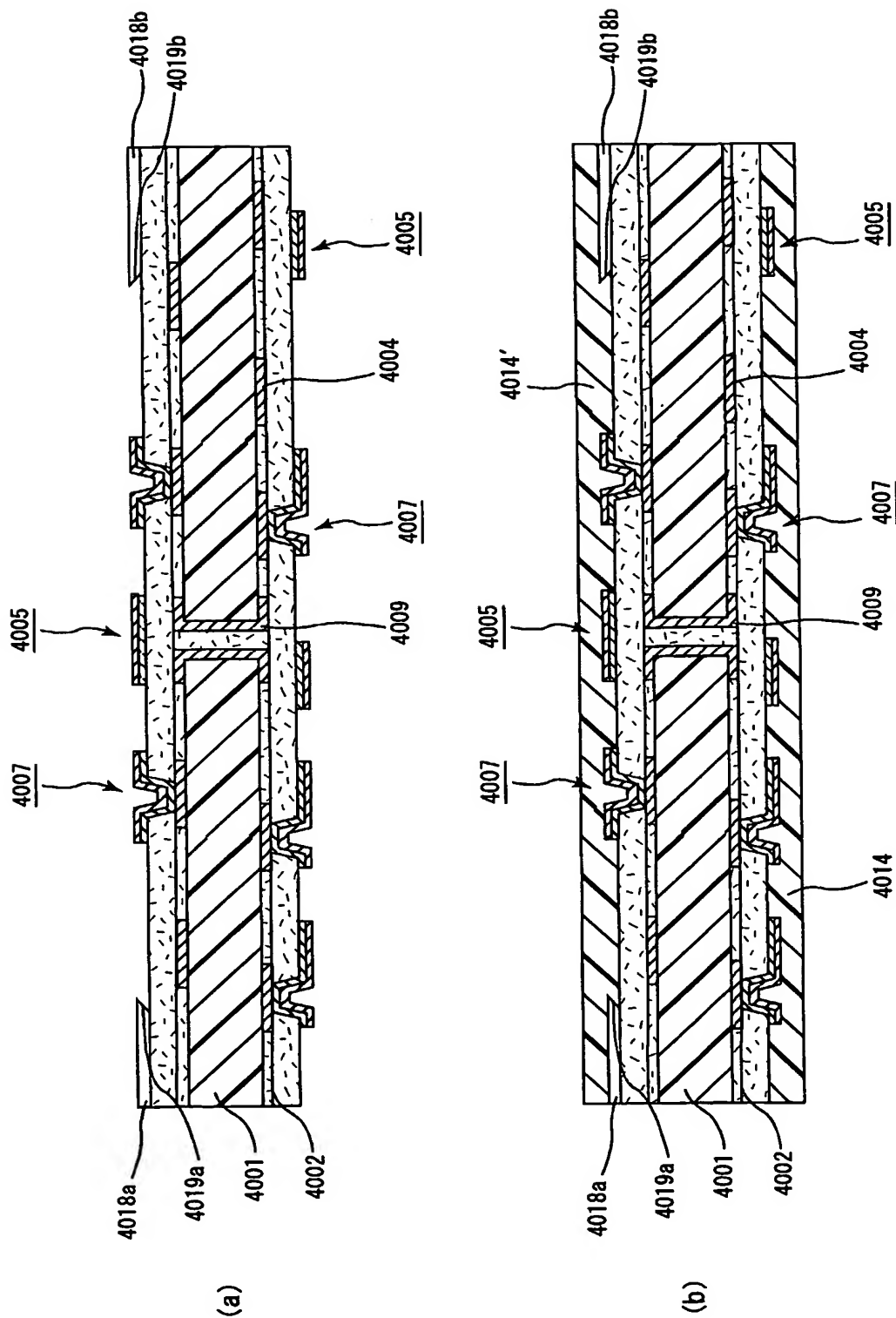
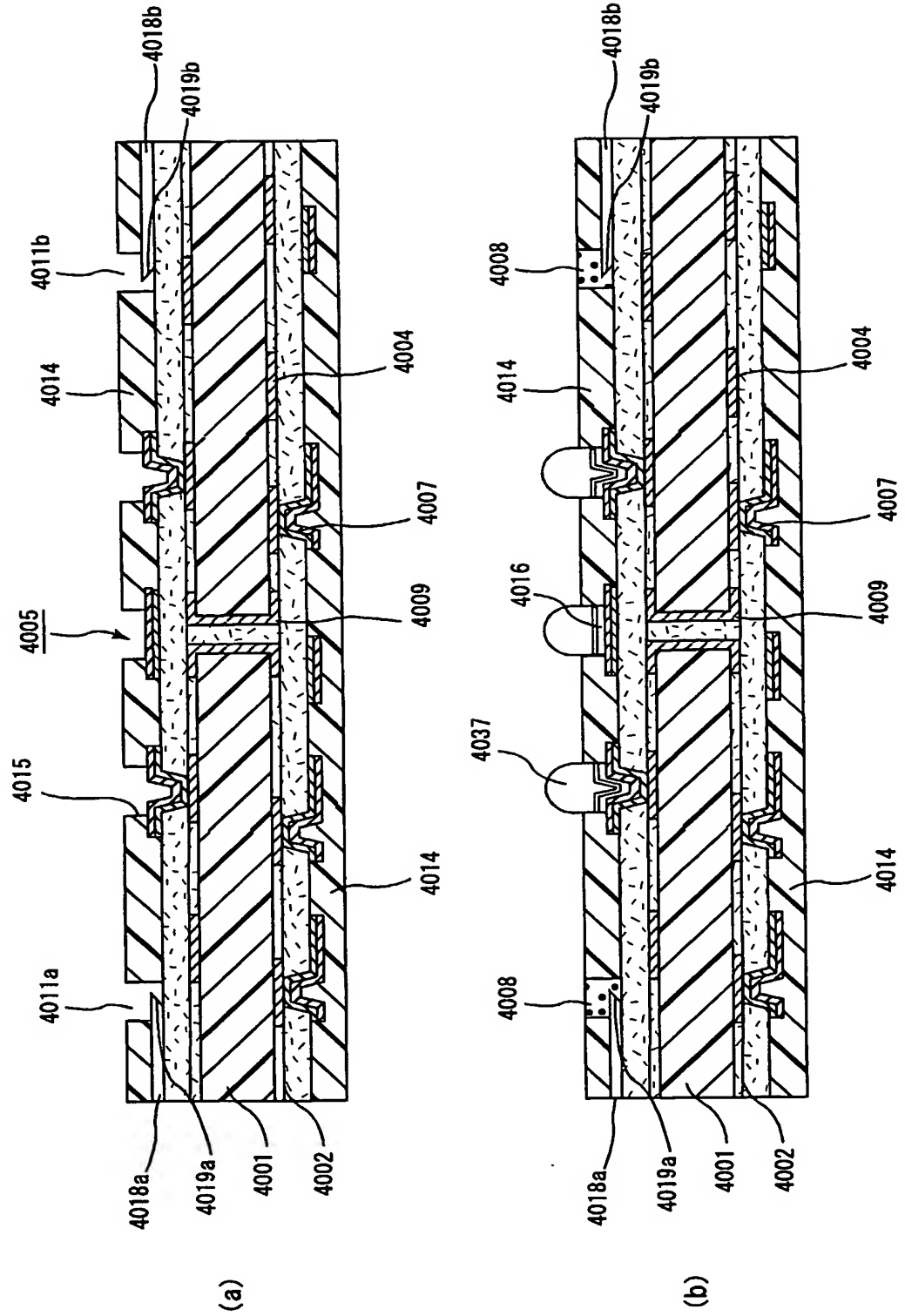
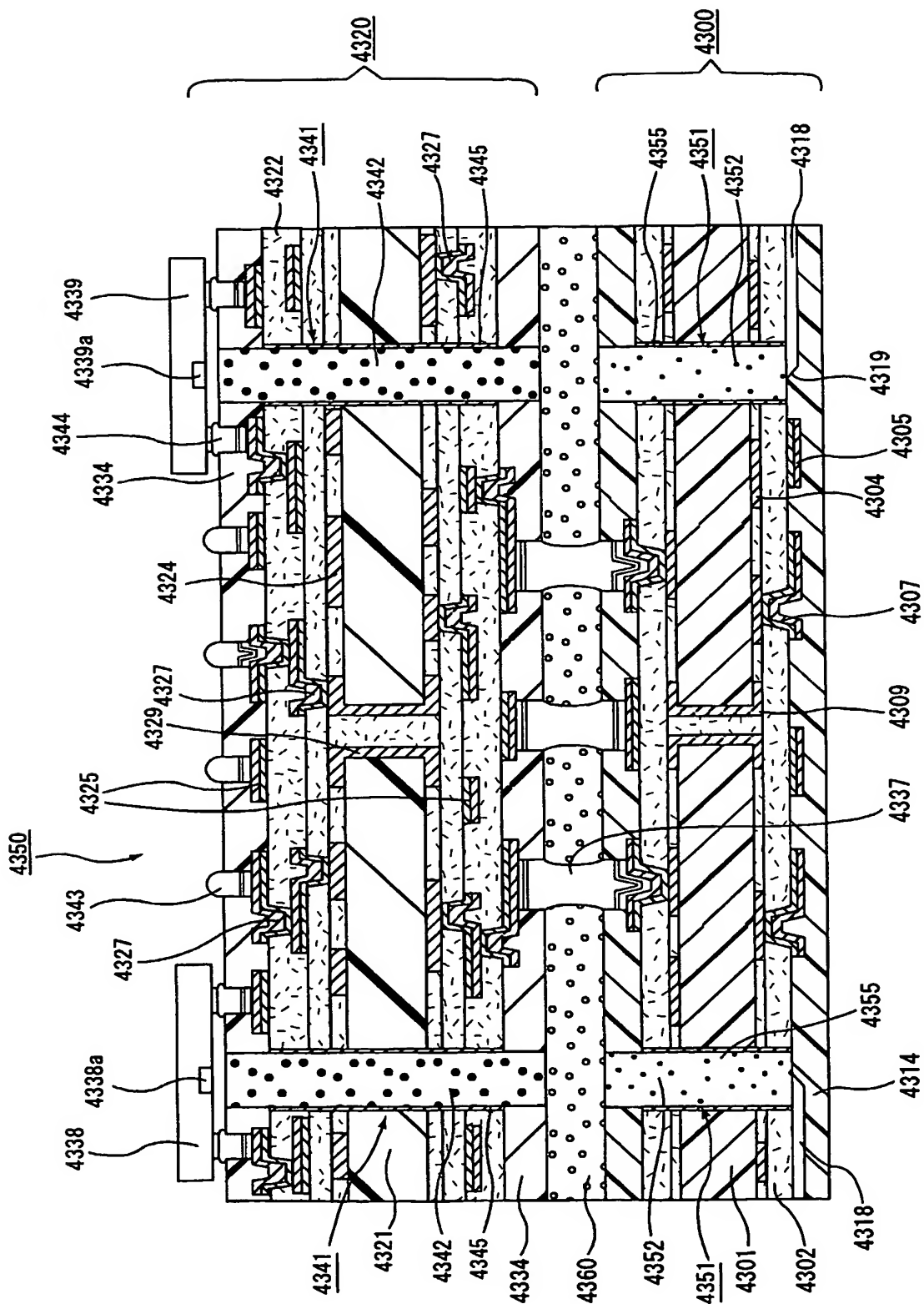


図61



62/79

62



63/79

図 63

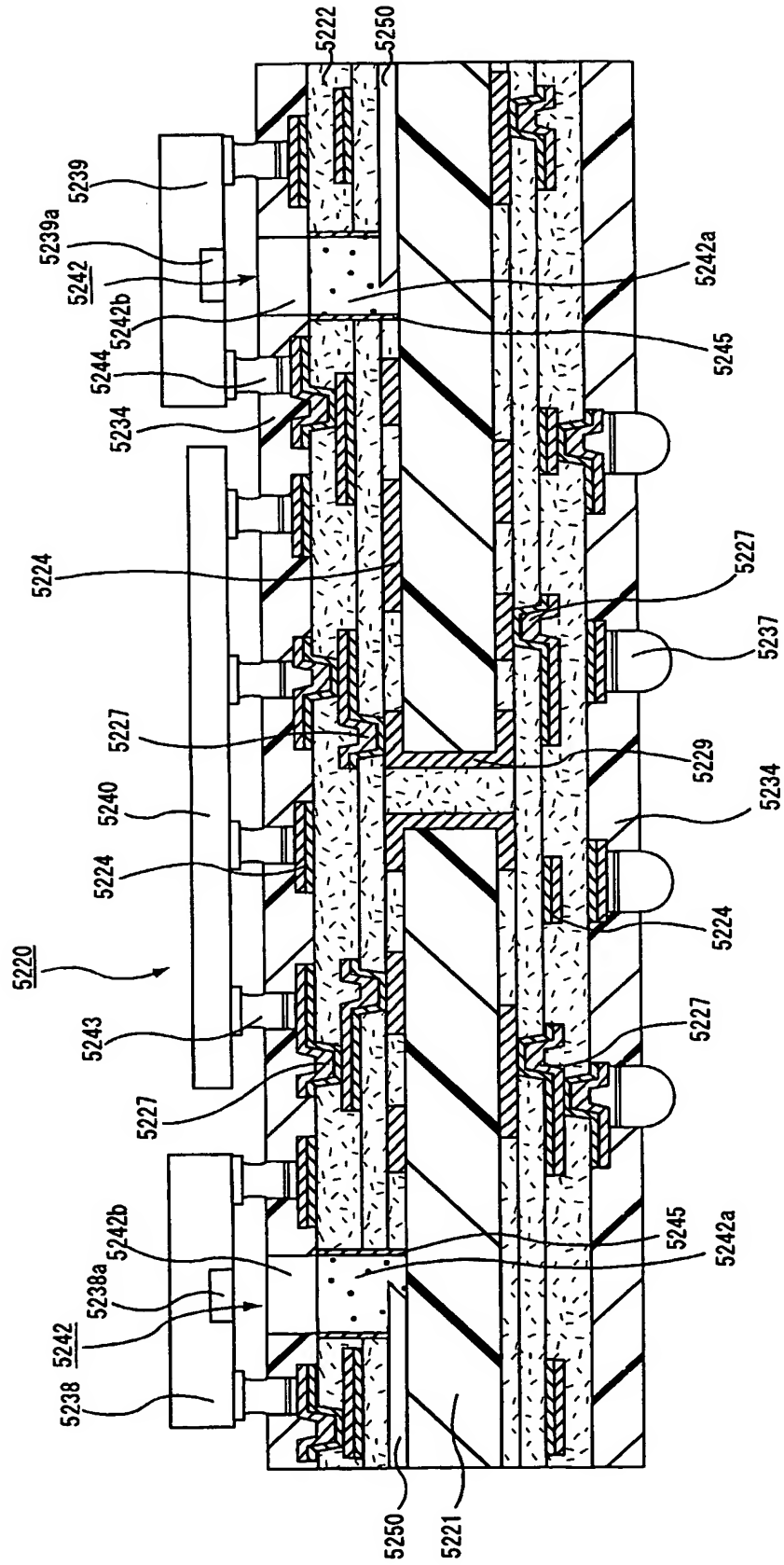
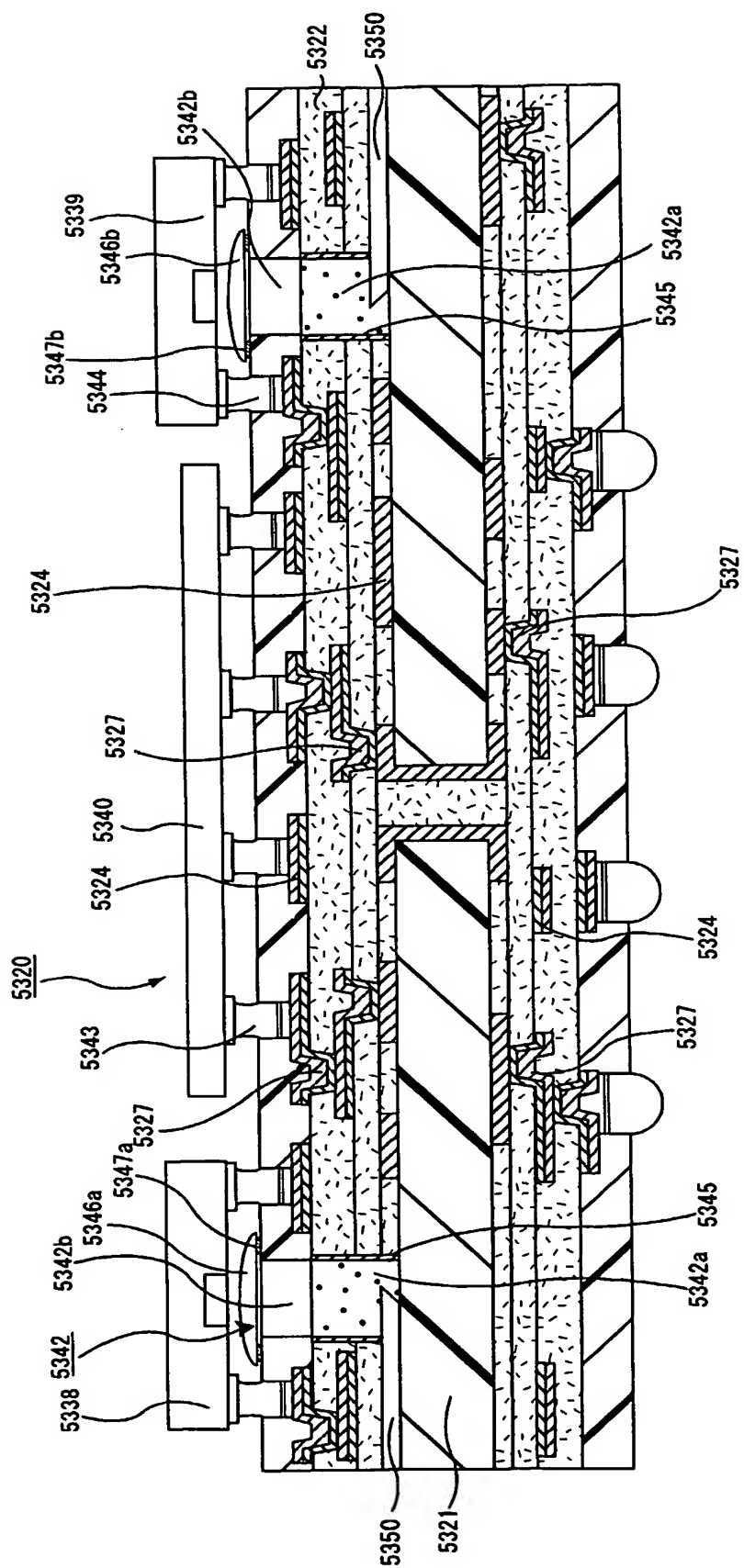
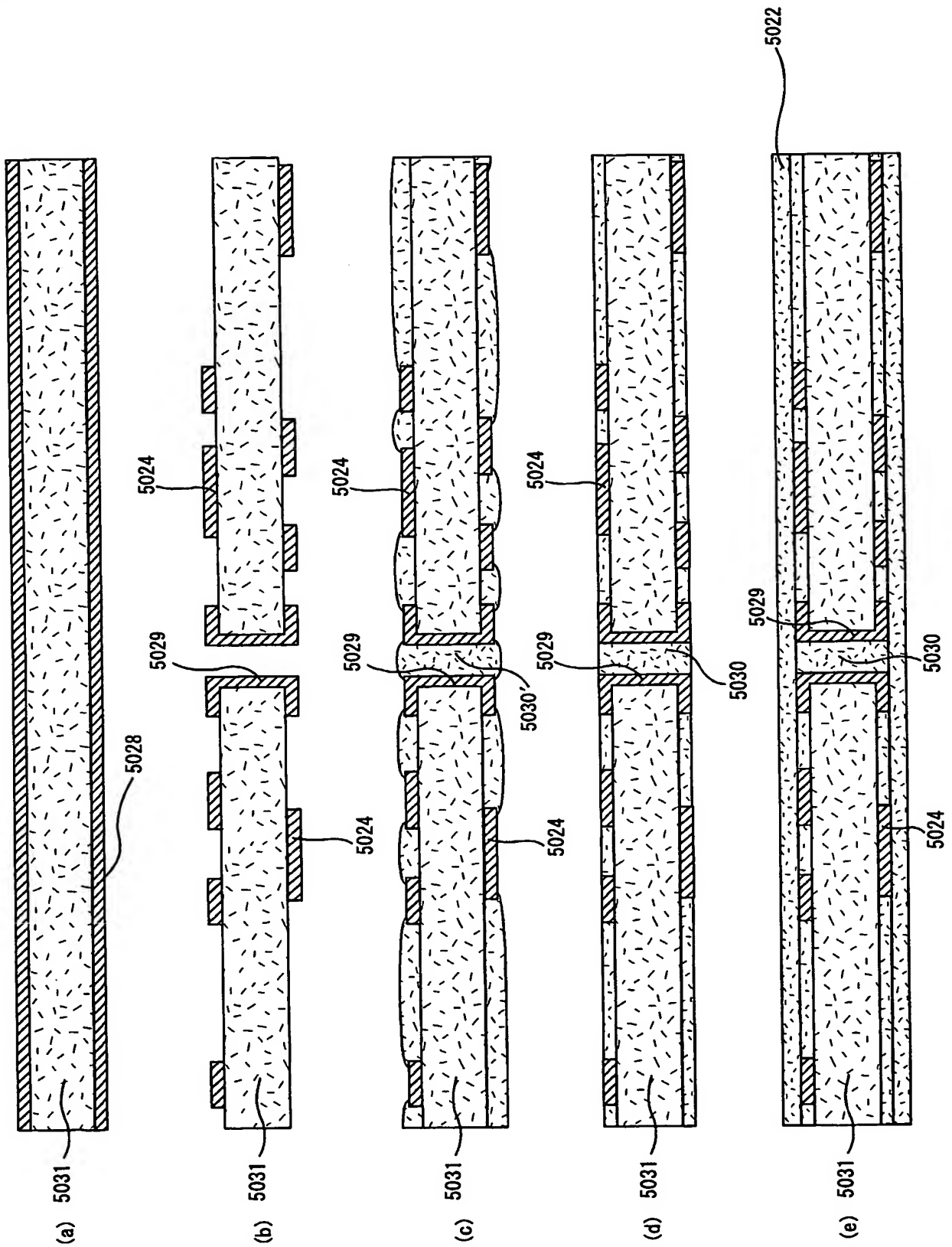


图64



65



66

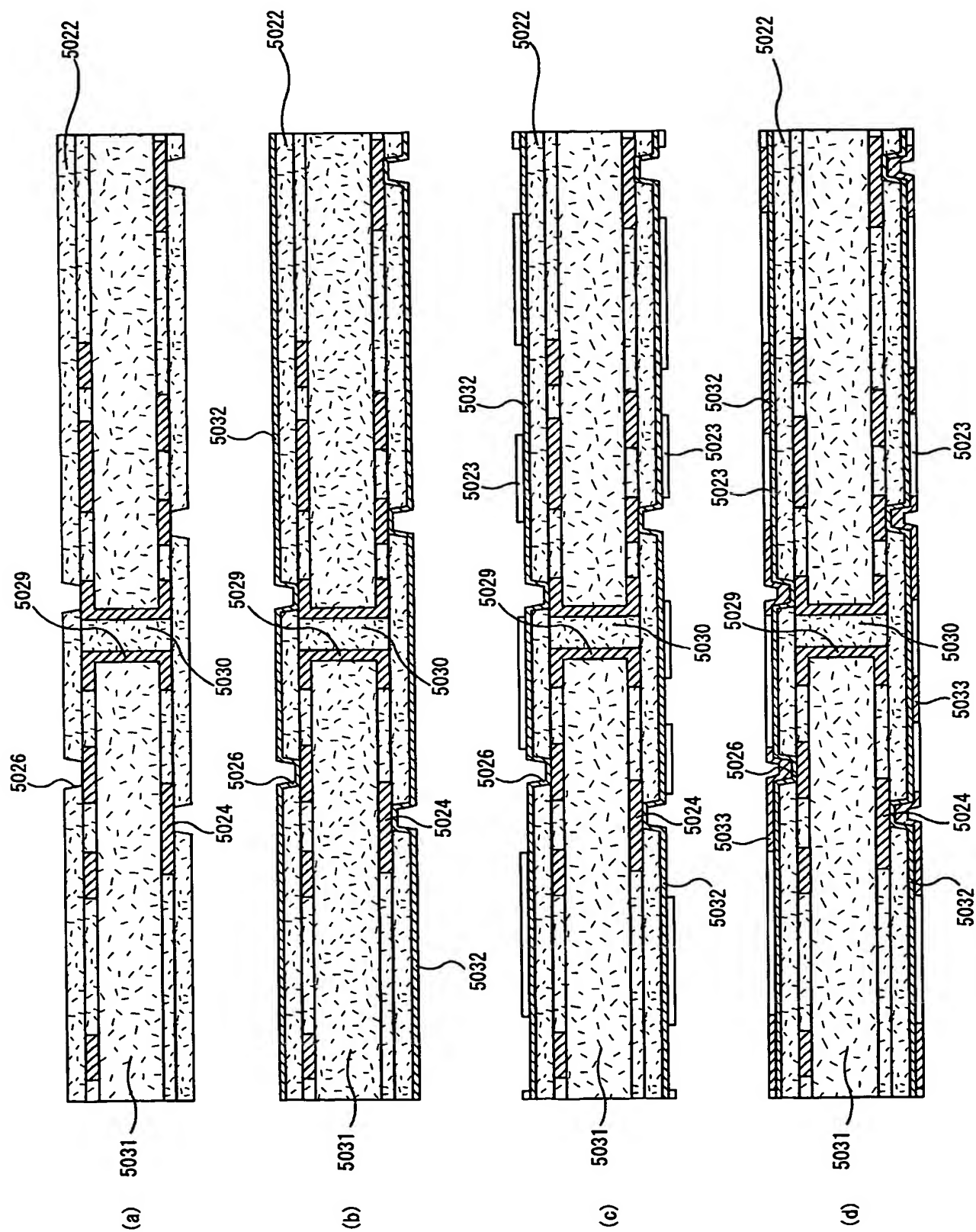
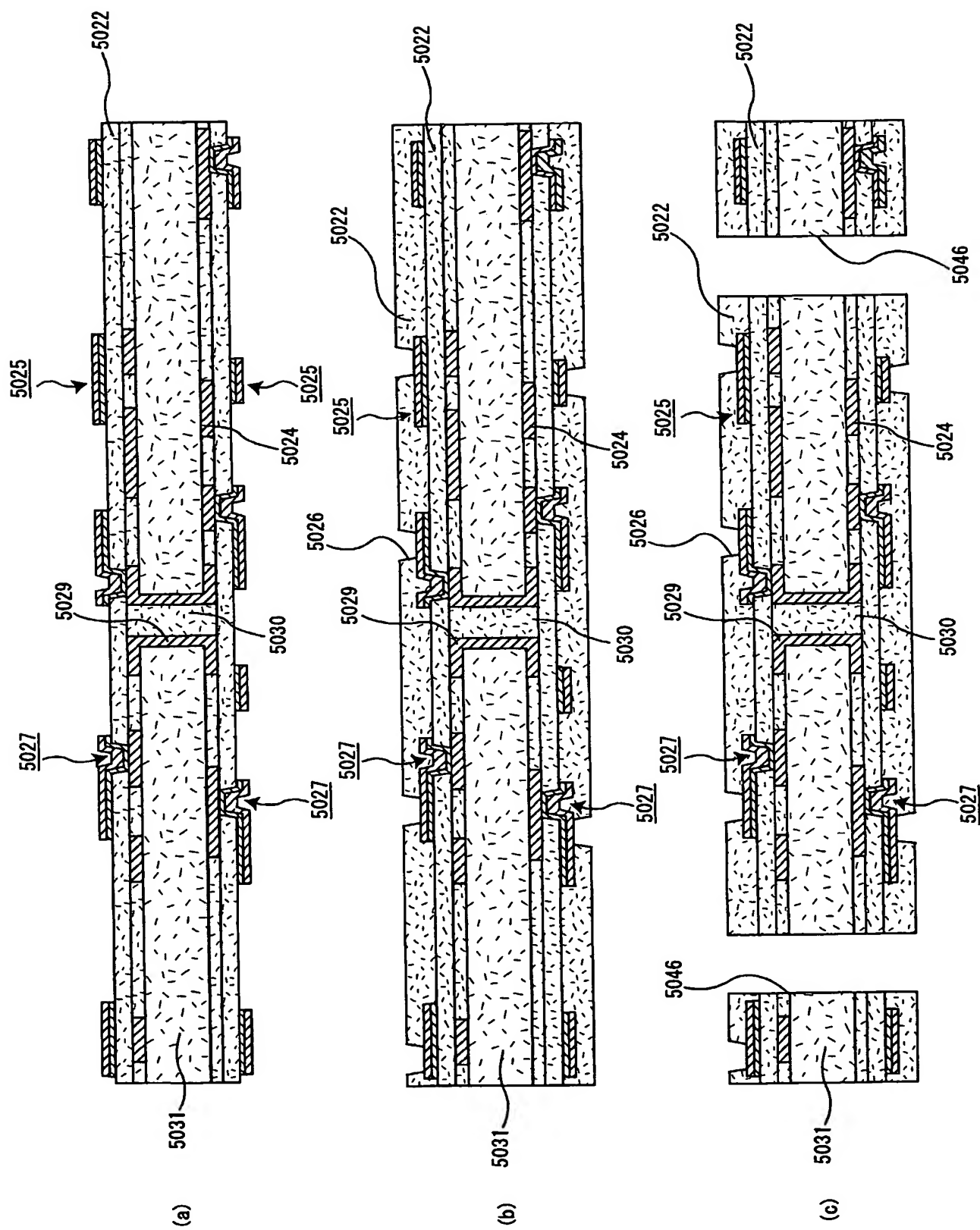
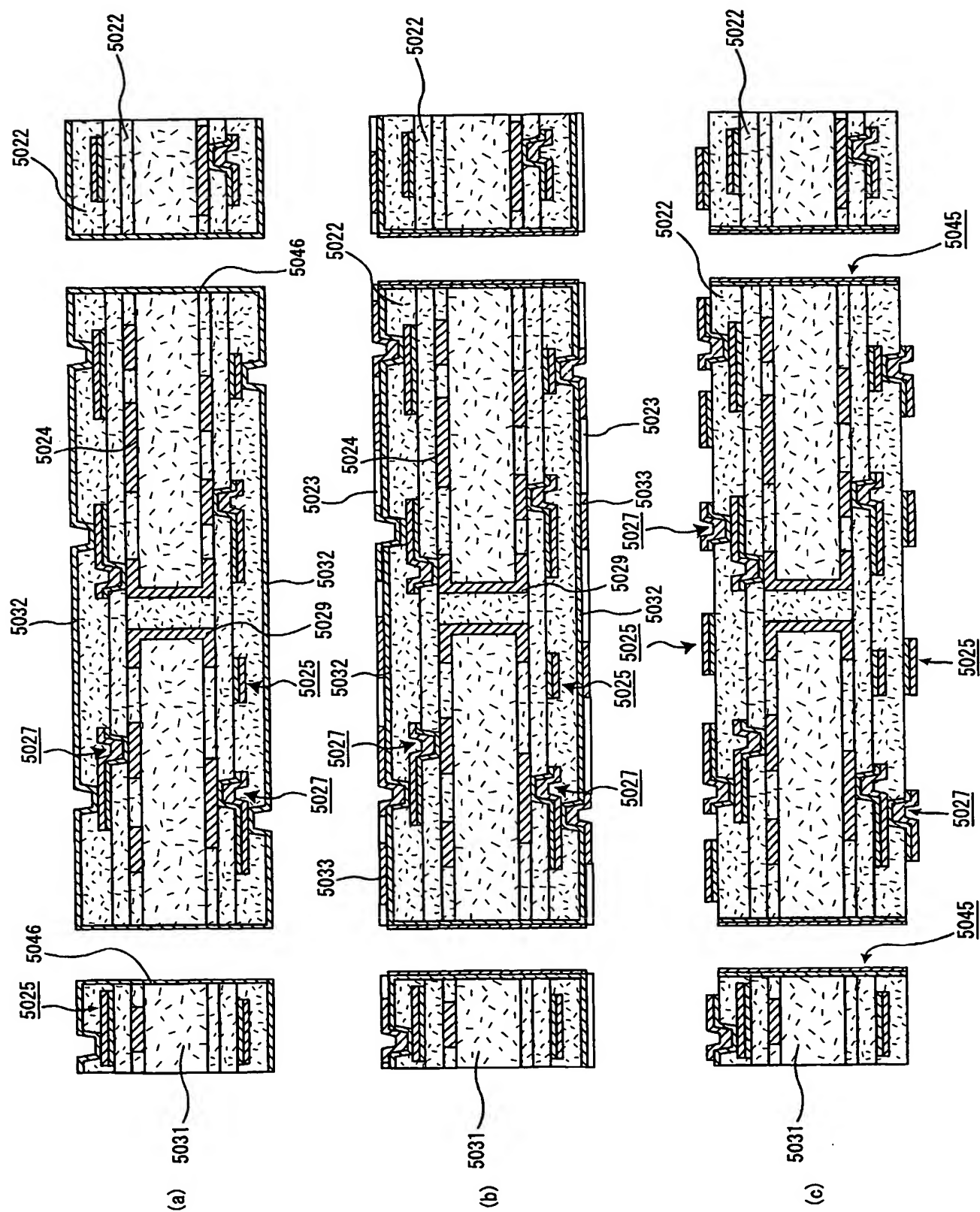


図 67



68



69

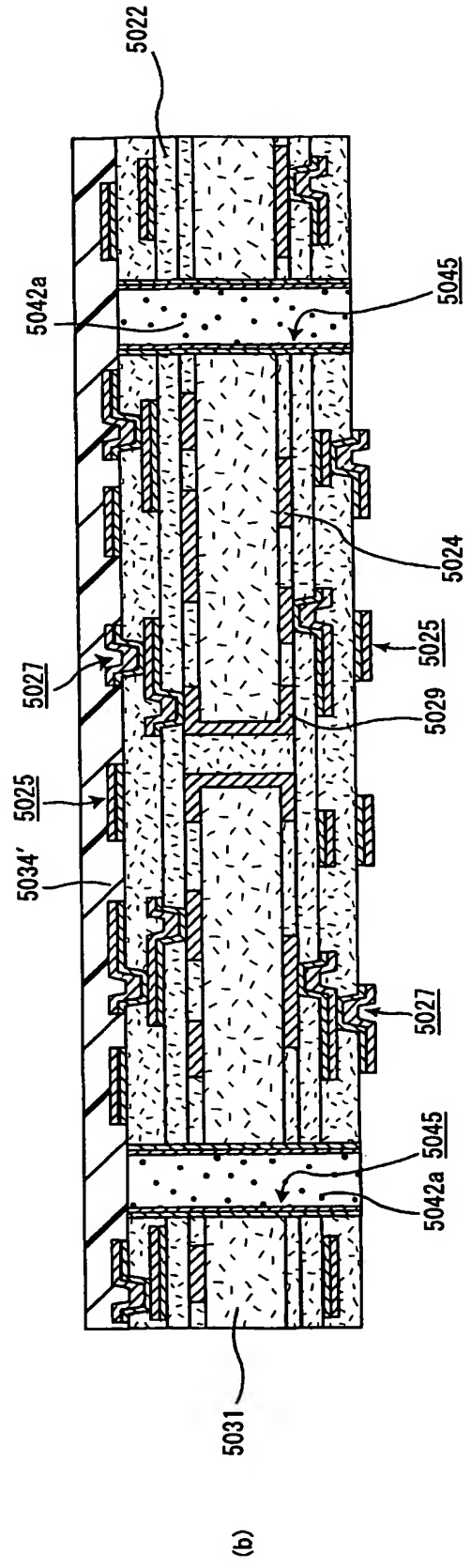
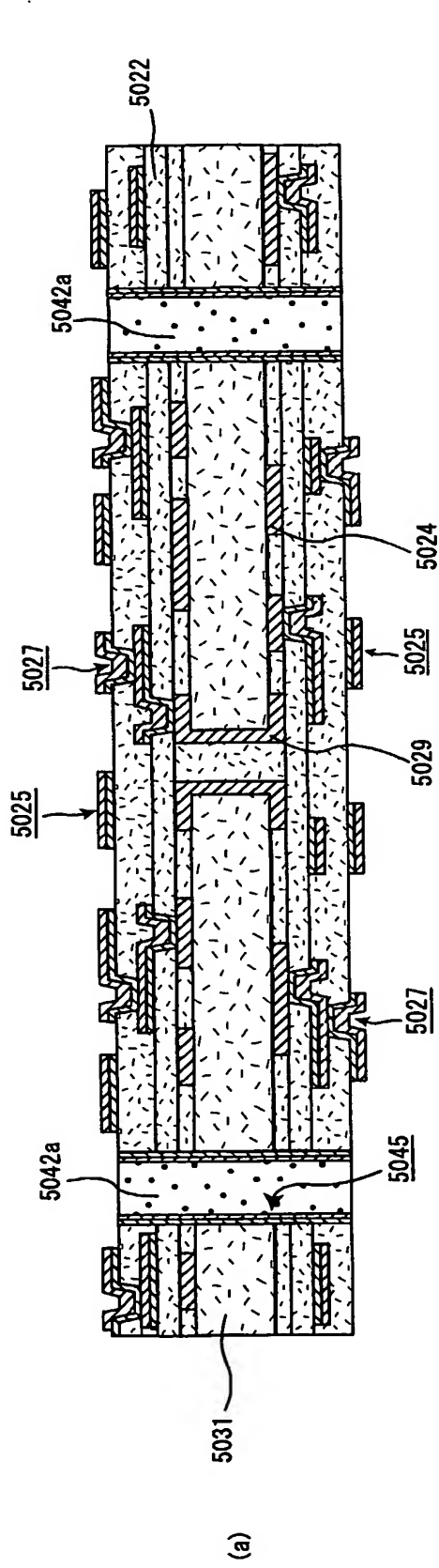


図70

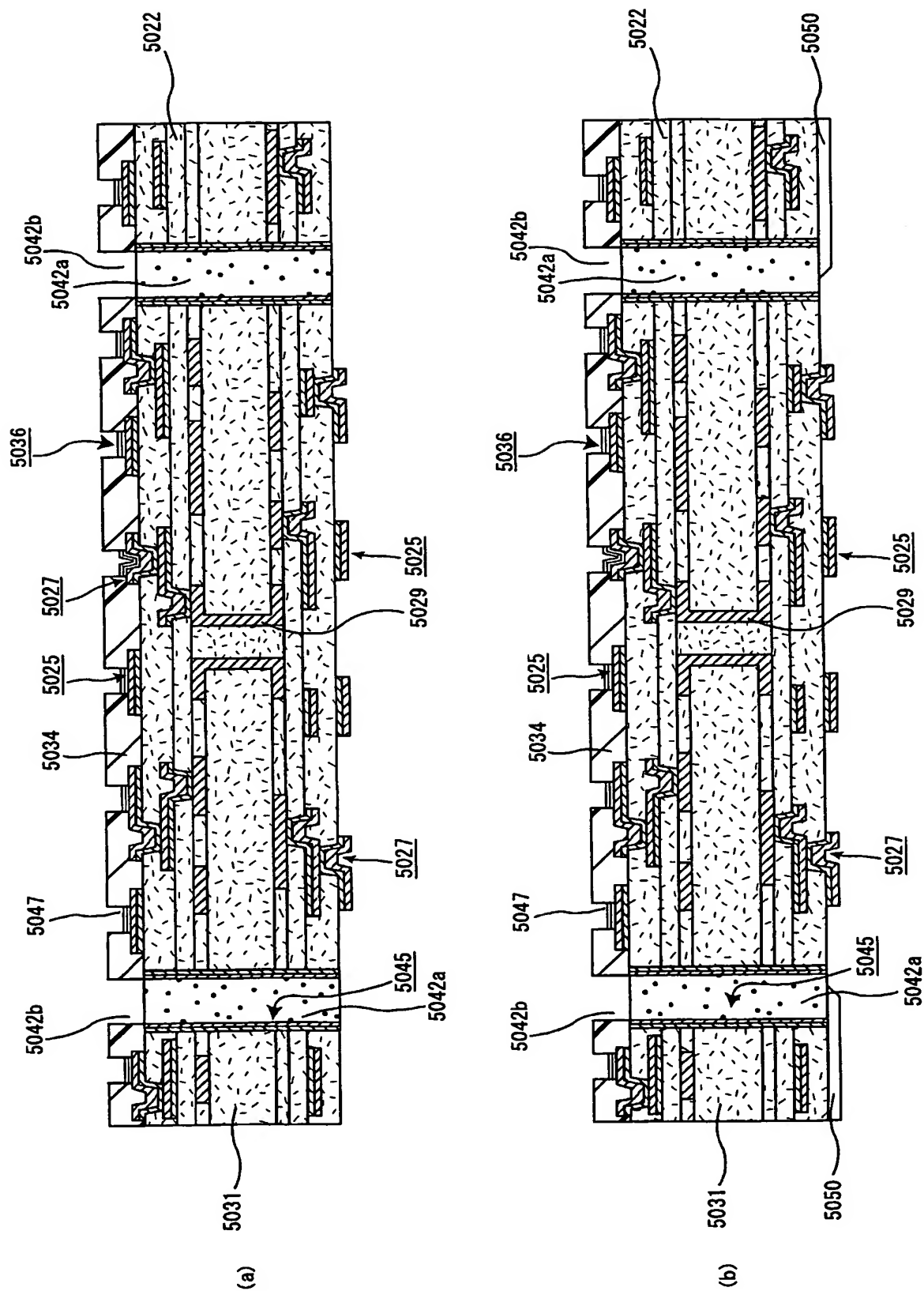


図71

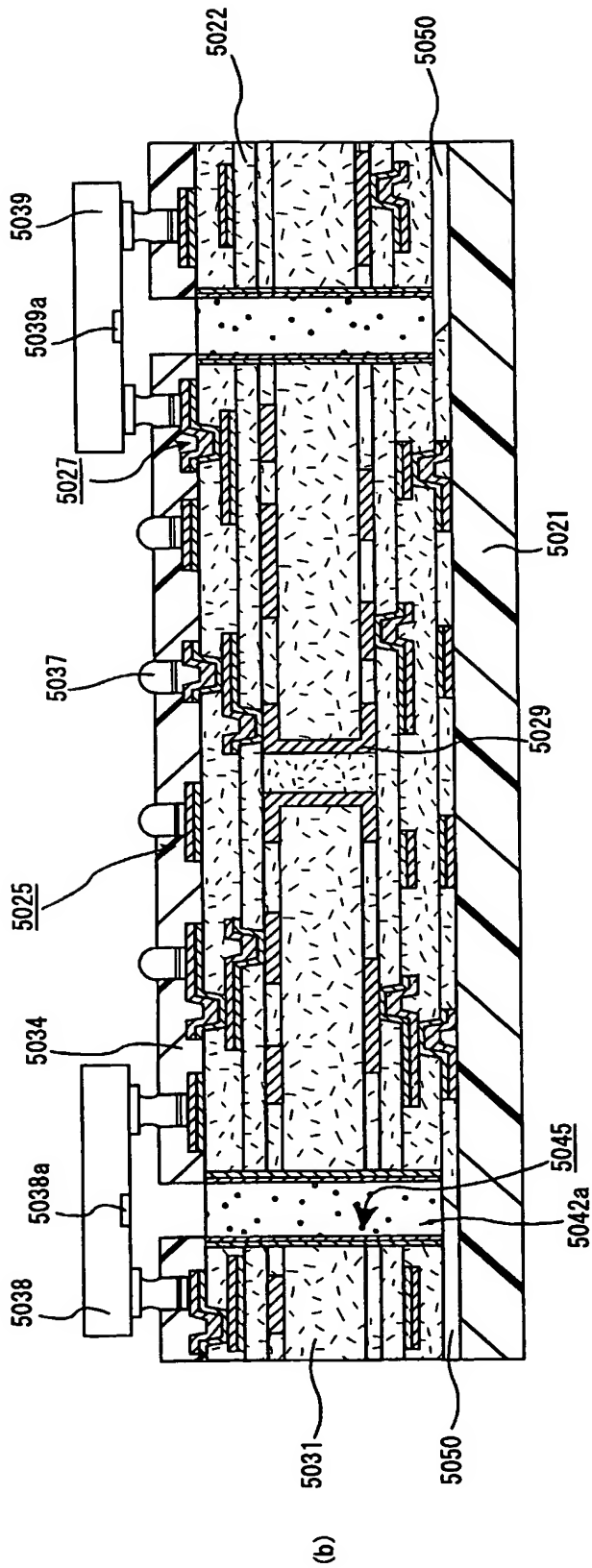
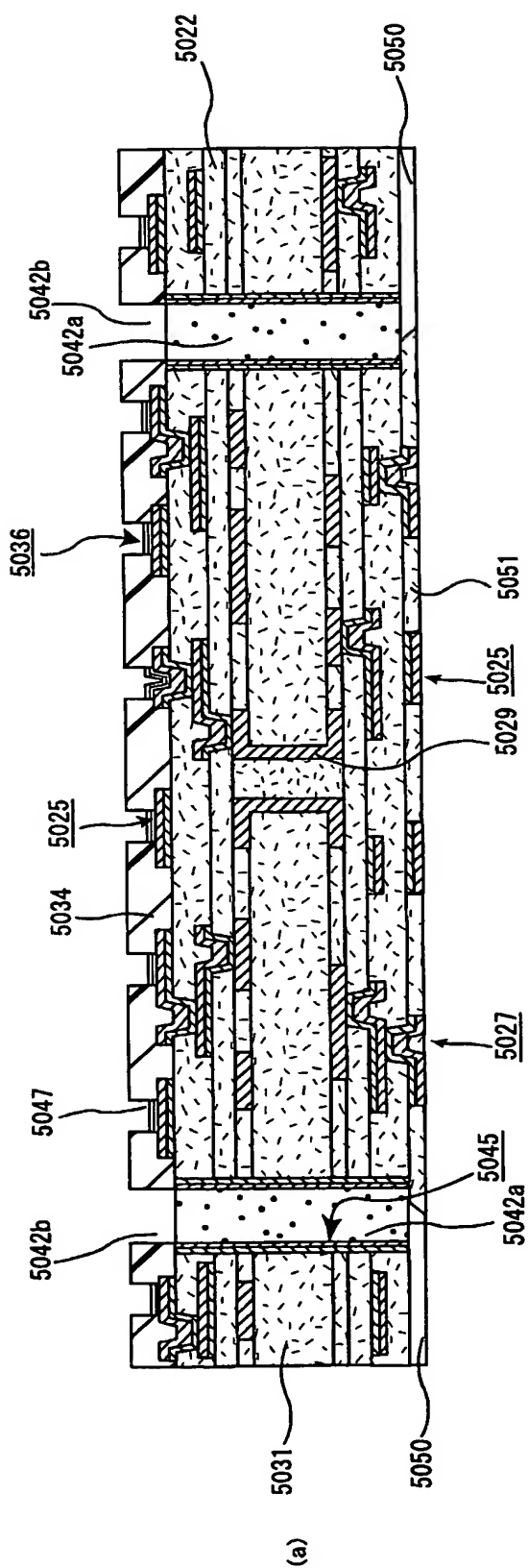
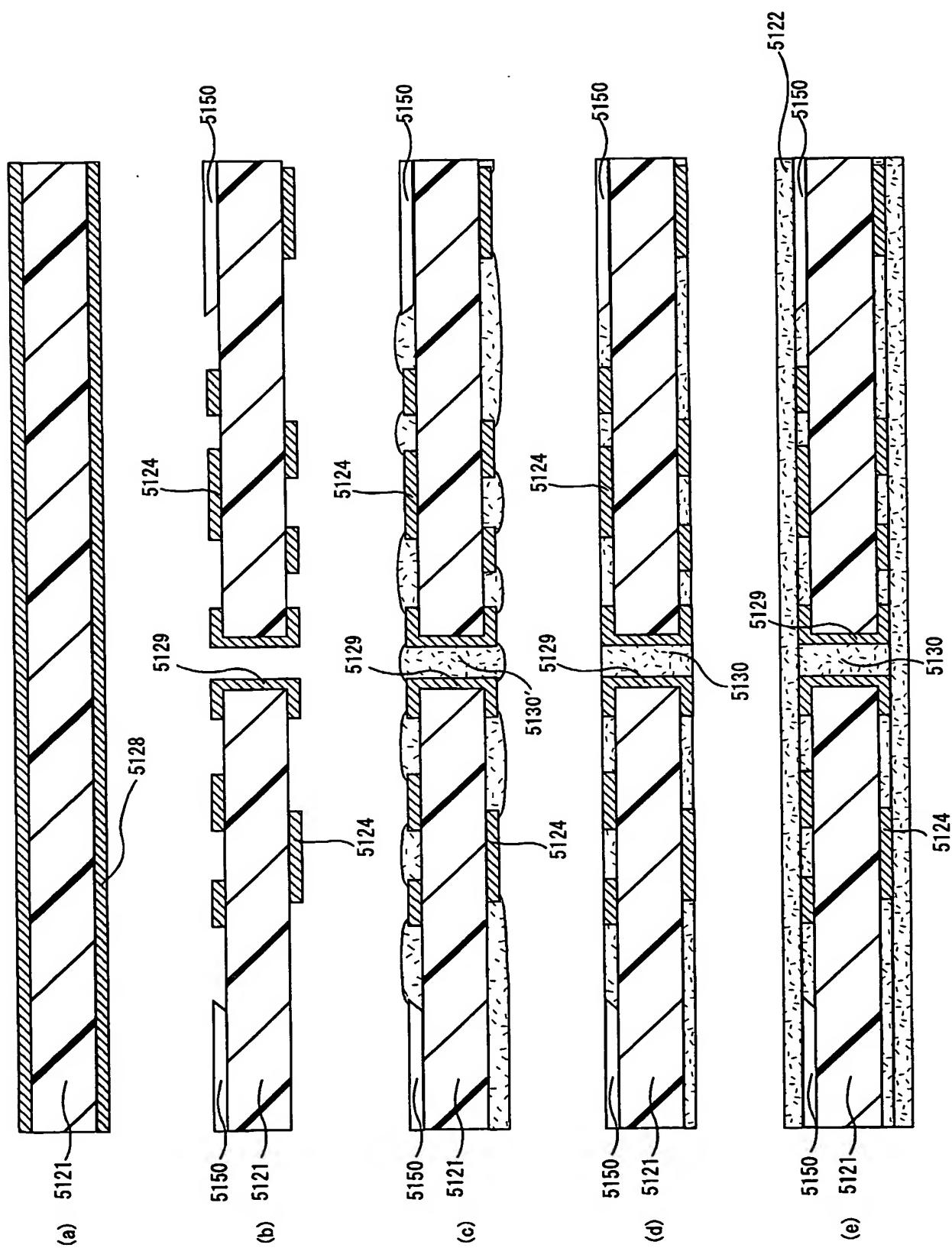


図72



73

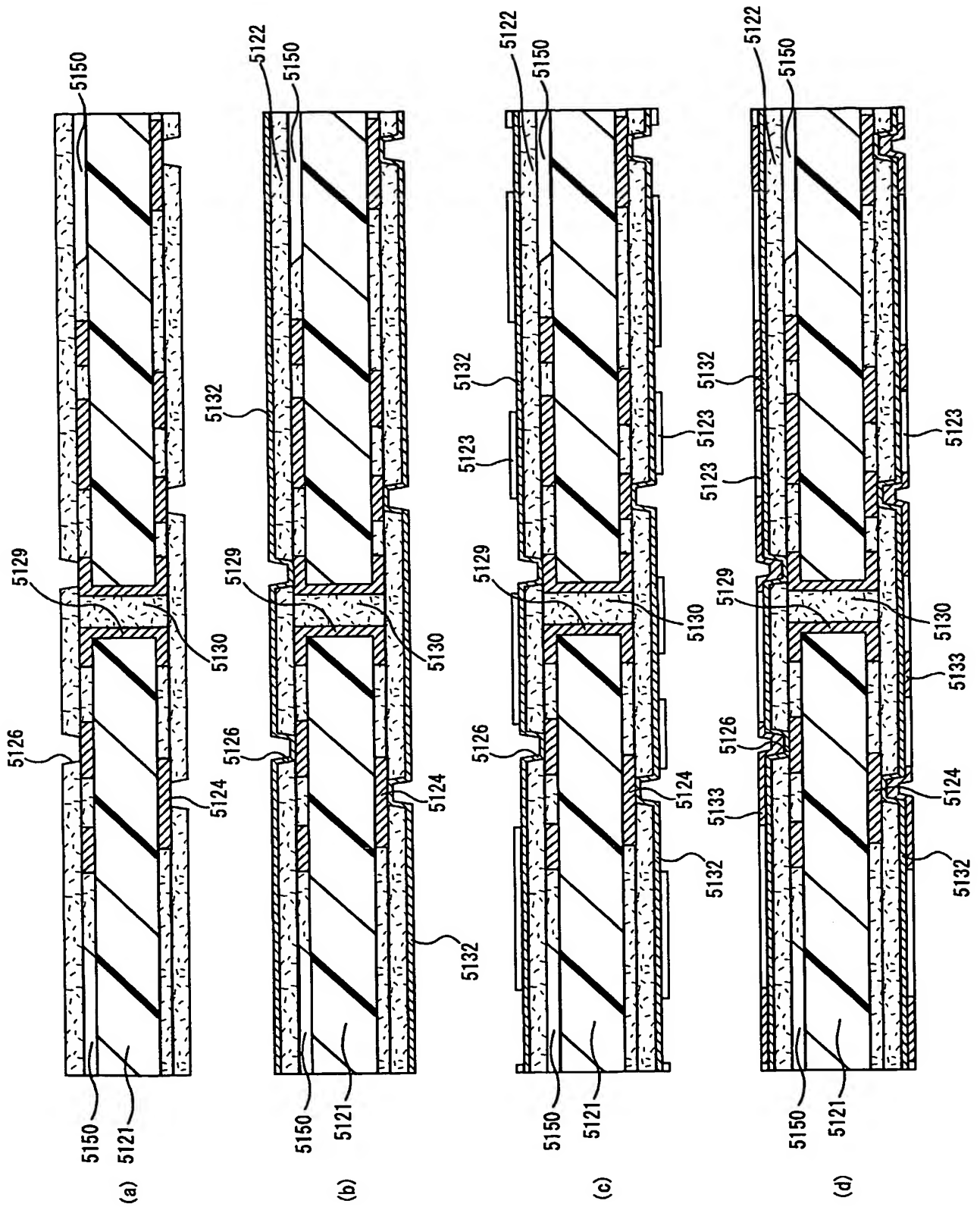


図 74

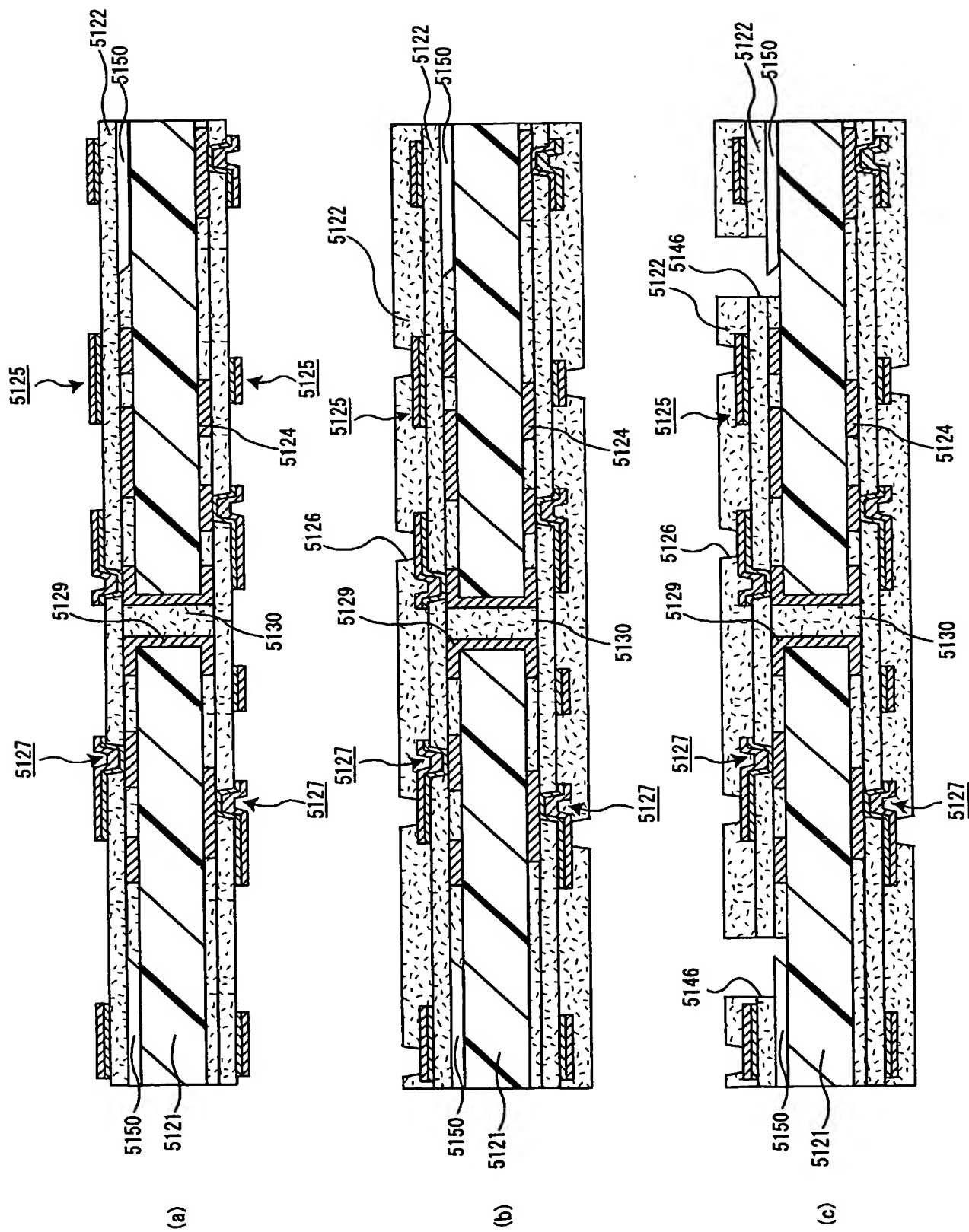


图75

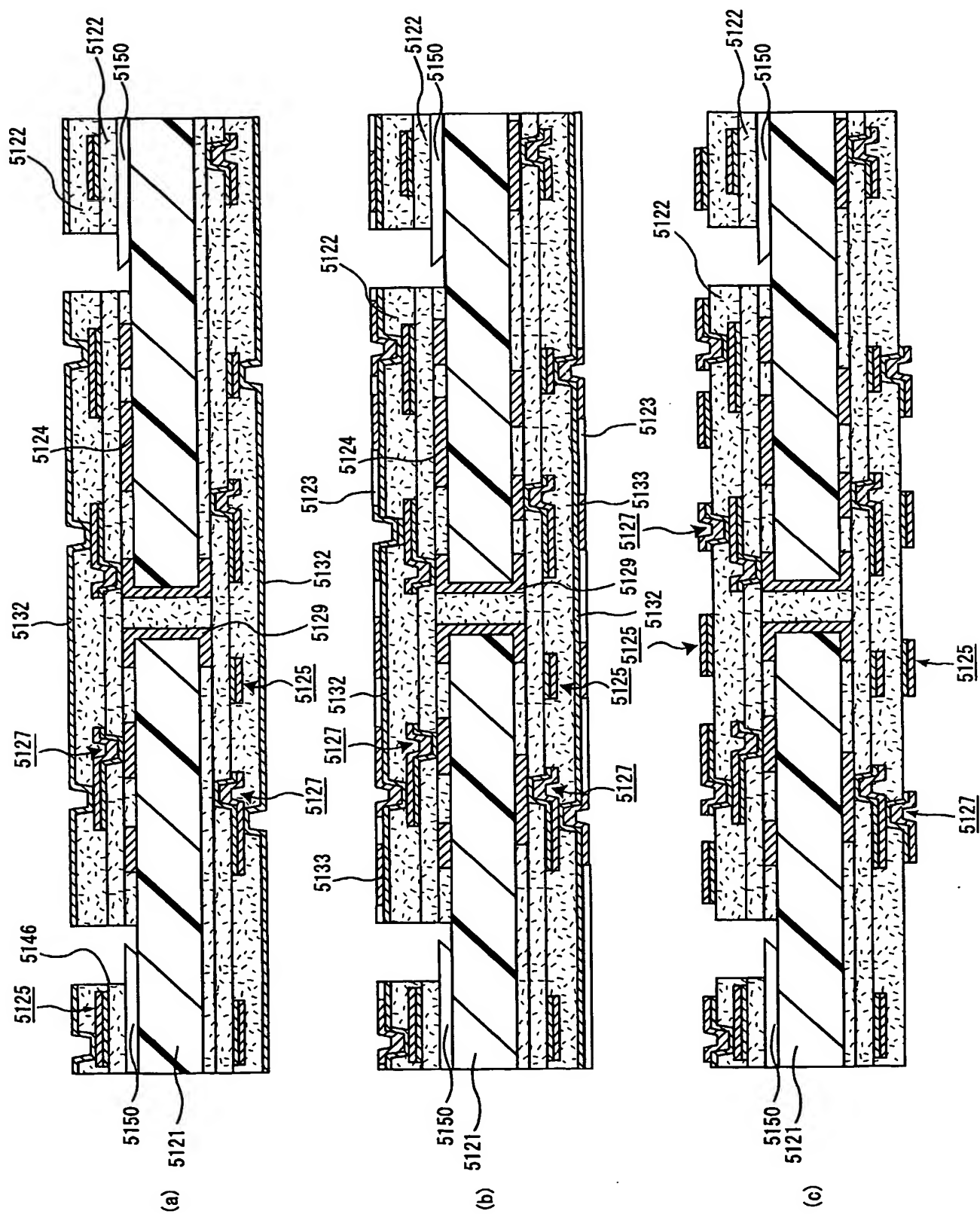
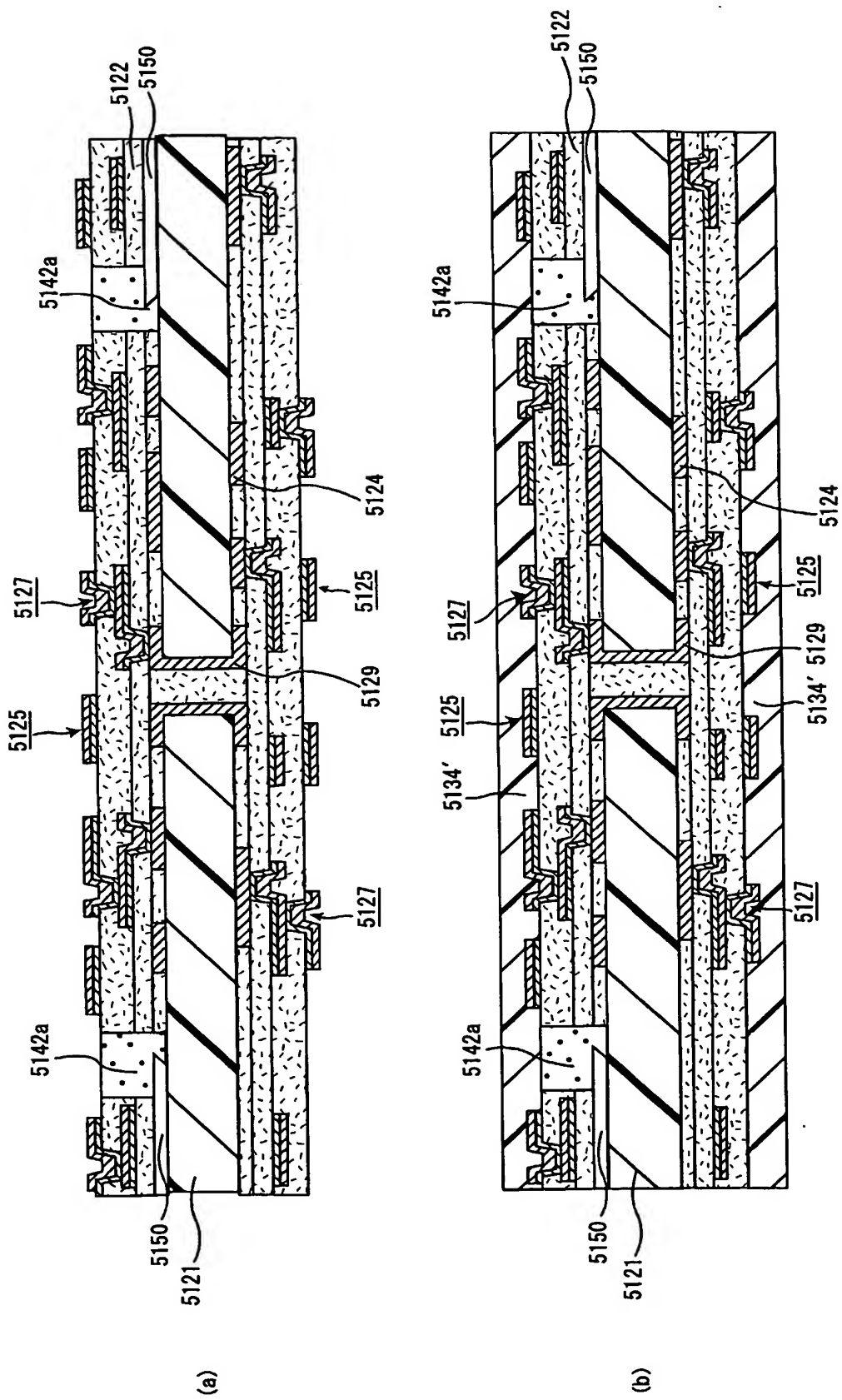
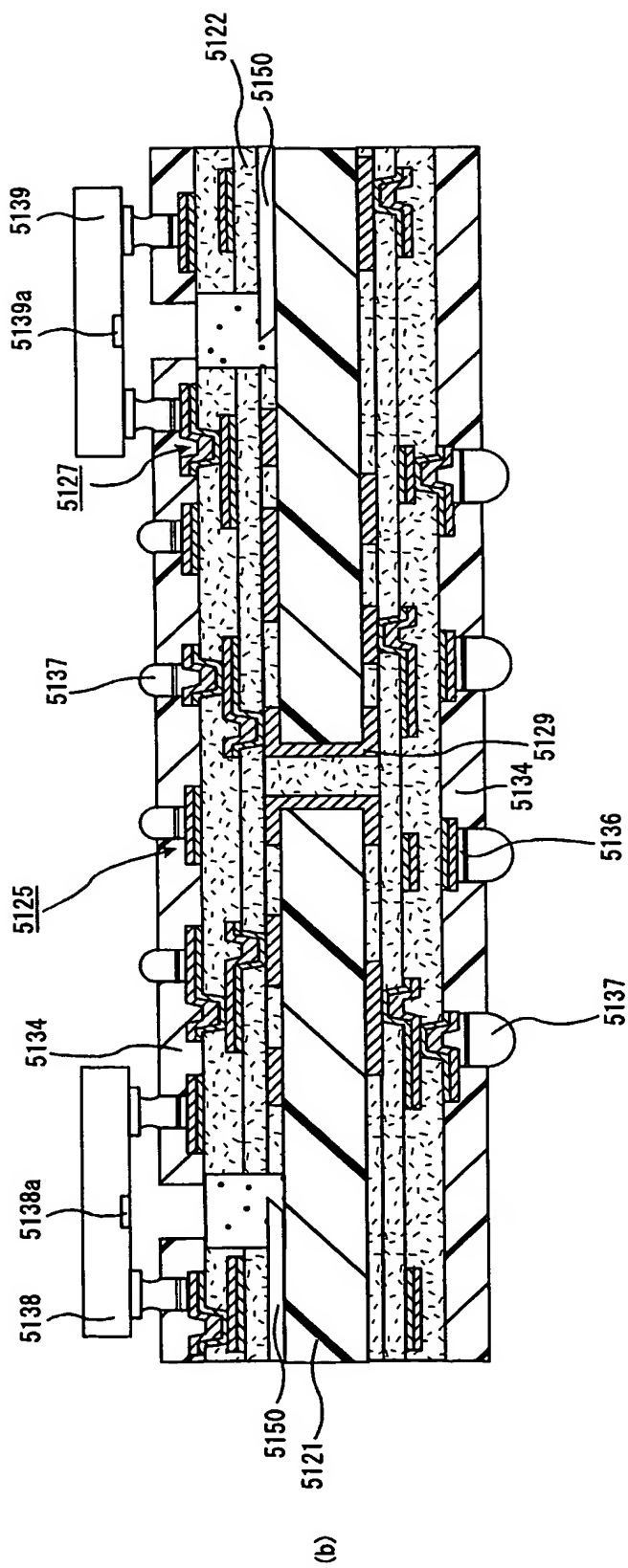
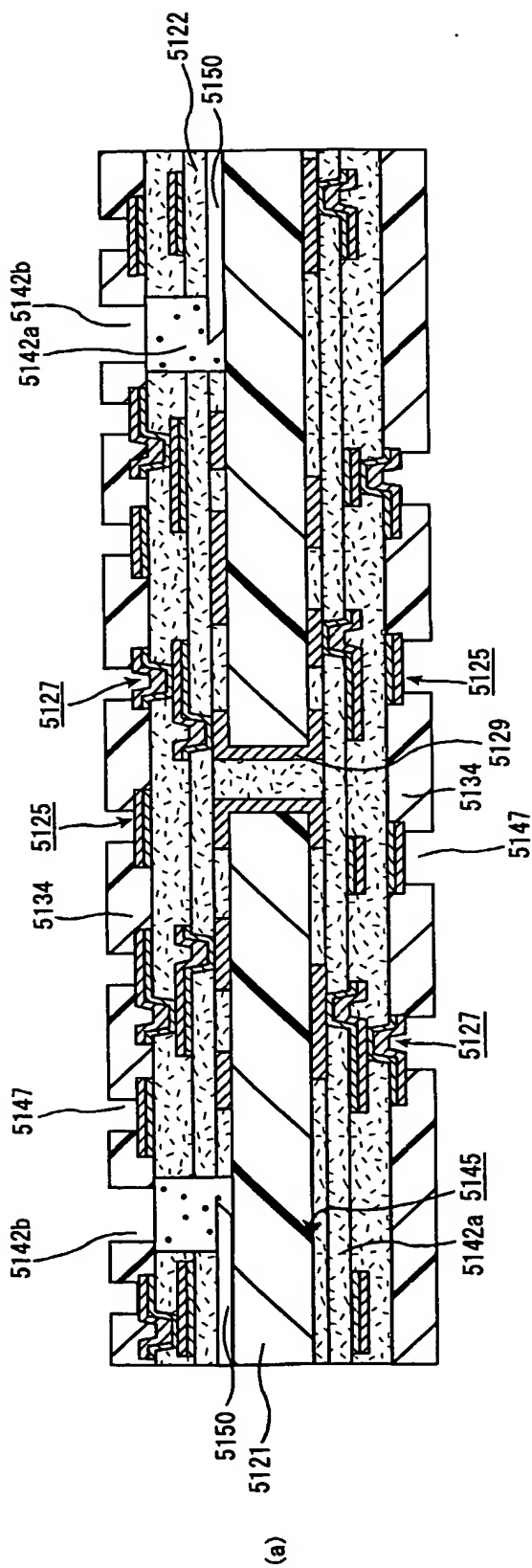


図 76

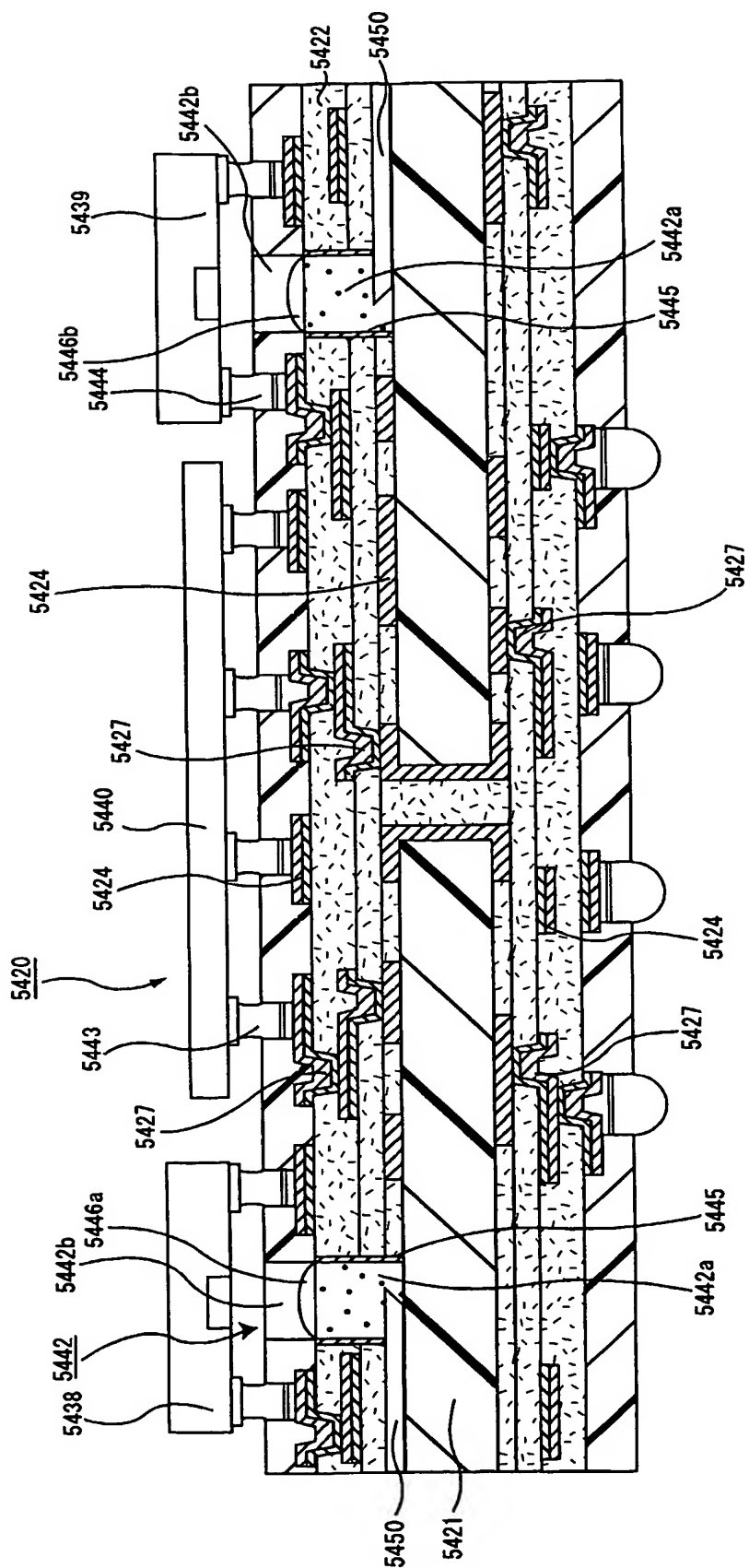


77



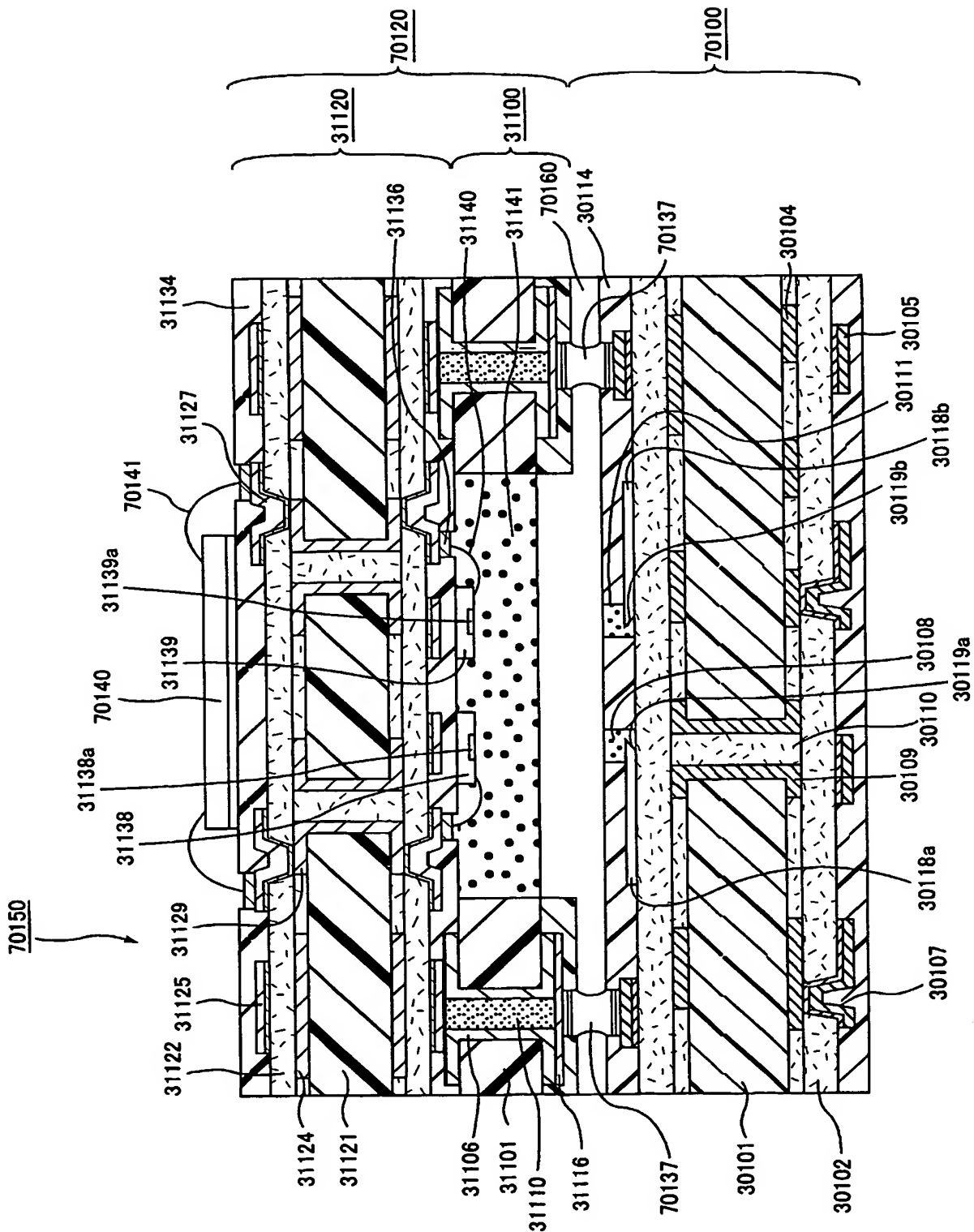
78/79

78



79/79

79



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03932

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B6/42, H01L33/00, H01L31/12, H01L31/02, H05K1/02,
H05K3/46, G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/42, H01L33/00, H01L31/12, H01L31/02, H05K1/02,
H05K3/46, G02B6/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y Y	JP 2000-081524 A (Sony Corp.), 21 March, 2000 (21.03.00), Full text; Figs. 1 to 13; Par. No. [0073] & EP 986197 A2 & US 6330377 B1	1 2-11
Y	JP 61-117882 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 05 June, 1986 (05.06.86), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-11
Y	JP 2001-057466 A (Ibiden Co., Ltd.), 27 February, 2001 (27.02.01), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 July, 2003 (18.07.03)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2003 (05.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03932

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-196643 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 19 July, 2001 (19.07.01), Full text; Figs. 1 to 13 (Family: none)	9-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03932

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to claims 1-71, the technical feature common to claims 19-28, the technical feature common to claims 34-40, and the technical feature common to claims 42-49 are not novel since they are disclosed in document JP 2000-081524 A (Sony Corporation), 2000.03.21, whole text, Figs. 1-13 and they do not satisfy the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1 - 11

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/42, H01L33/00, H01L31/12, H01L31/02, H05K1/02, H05K3/46, G02B6/12		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/42, H01L33/00, H01L31/12, H01L31/02, H05K1/02, H05K3/46, G02B6/12		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公案 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y Y	JP 2000-081524 A (ソニー株式会社) 2000.03.21, 全文, 第1-13図, 段落番号【0073】 & EP 986197 A2 & US 6330377 B1	1 2-11
Y	JP 61-117882 A (松下電工株式会社) 1986.06.05, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 18.07.03		国際調査報告の発送日 05.08.03
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 福島 浩司 電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2001-057466 A (イビデン株式会社) 2001. 02. 27, 全文, 第1-10図 (ファミリーなし)	1-11
Y	J P 2001-196643 A (凸版印刷株式会社) 2001. 07. 19, 全文, 第1-13図 (ファミリーなし)	9-11

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT 17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-71に共通の事項、請求の範囲19-28に共通の事項、請求の範囲34-40に共通の事項及び請求の範囲42-49に共通の事項は、文献JP 2000-081524 A (ソニー株式会社), 2000.03.21, 全文, 第1-13図に開示されているから、新規でないことが明らかであり、従って、単一性の要件を満たしていない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1-11

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。